

ADRIANO GONDIM ALMEIDA

**TRANSLUCIDEZ E LUMINOSIDADE DE COMPÓSITOS
PARA ESMALTE EM DIFERENTES ESPESSURAS**

Florianópolis
2014

ADRIANO GONDIM ALMEIDA

**TRANSLUCIDEZ E LUMINOSIDADE DE COMPÓSITOS
PARA ESMALTE EM DIFERENTES ESPESSURAS.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Odontologia - Área de concentração: Dentística.

Orientador: Dr. Sylvio Monteiro Junior
Co- Orientadores: Dr. Luiz Narciso Baratieri
Dr. Sillas Duarte
Dr. Neimar Sartori

Florianópolis
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Almeida, Adriano Gondim

Translucidez e Luminosidade de Compósitos para Esmalte
em Diferentes Espessuras / Adriano Gondim Almeida ;
orientador, Sylvio Monteiro Jr ; coorientador, Luiz
Narciso Baratieri. - Florianópolis, SC, 2014.
112 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-
Graduação em Odontologia.

Inclui referências

1. Odontologia. I. Monteiro Jr, Sylvio . II. Baratieri,
Luiz Narciso . III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. IV.
Título.

ADRIANO GONDIM ALMEIDA

**TRANSLUCIDEZ E LUMINOSIDADE DE COMPÓSITOS
PARA ESMALTE EM DIFERENTES ESPESSURAS.**

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Odontologia, área de concentração Dentística, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 18 de julho de 2014

Dra. Izabel Cristina Santos Almeida
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia
da Universidade Federal de Santa Catarina.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Sylvio Monteiro Junior
Orientador

Dra. Renata Gondo Machado

Dr. Naudy Brodbeck May

Dra. Sheila Cristina Stolf

Dra. Simone Xavier S. Costa

Dra. Beatriz Álvares Cabral de
Barros

Aos meus pais, **José Vanderlei de Almeida** e Tânia Shirley Carvalho de Almeida, **Maria Helena Gondim** e Marlúcio Ferreira dos Santos. Foram tantos os ensinamentos, e cada um deles revelando seu valor no momento certo. Impossível medir o valor da realização desse sonho, assim como é imensurável minha gratidão e eterno respeito.

AGRADECIMENTOS

Aos meus irmãos **Ana Flávia, Luana, Mateus, Mahê e Lucas**, que assim como meus pais, sempre que nos encontrávamos, seja pessoalmente, virtualmente ou em meus pensamentos, me traziam alegria e muita força pra suportar a distância e superar os obstáculos e momentos difíceis.

Aos meus sobrinhos, **Pedro Henrique e Connie**. Lindos, alegres e criativos! Momentos com vocês me fazem esquecer do mundo.

Aos meu tios e tias, **Cristina e Paulo**, Helenice, **Lúcia e Ademir, Divino e Renata, Valmira, Valter, Eustáquio e Iná, Maria e Moacir**, e aos meus primos. Os conselhos e os momentos alegres também fazem parte dessa história.

Aos meus avós paternos **Ana e José** (*in memoriam*), a impressão que tenho é que estão sempre olhando por mim.

Aos meus avós maternos **Maria e Feliciano**, que mesmo sem saber, em uma simples conversas de almoço dizem palavras que de alguma forma serão úteis em momentos de dúvida.

Aos meus amigos **Alexandre e Mel, Marco Antônio, Fábio, Maike, Jan, Jennifer, Bruno, Quyen, Acir, Rafael, Diogo, Fernanda, Gabriel**. Com vocês fica tudo melhor e mais fácil! A essa altura da minha vida, se tem um conselho que eu daria sem ter medo de errar seria: “Tenha amigos e cultive suas amizades!”.

Ao **Prof. Dr. Luiz Narciso Baratieri**, me sinto verdadeiramente privilegiado por ser seu amigo e aluno. Muito além da Odontologia de excelência o convívio com o professor me proporcionou reflexões sobre o tipo de pessoa que eu quero ser. Sempre soube o que dizer e como dizer. Tens minha eterna gratidão, respeito e amizade.

Ao **Prof. Dr. Sylvio Monteiro Junior**, meu orientador, por me orientar e intervir por mim e pelo trabalho quando foi necessário. Desde o mestrado sempre muito prestativo e amigo. Obrigado pelas tardes de conversa sobre odontologia e sobre a vida, cada conversa uma lição.

Ao **Prof. Dr. Luiz Clóvis Cardoso Vieira**, um dos grandes responsáveis e incentivadores dos meus estudos. Incentiva e repreende seus alunos como se fossem filhos. Obrigado pela amizade e consideração.

À **Prof. Dr. Renata Gondo Machado**, mais que professora, grande amiga antes mesmo de começar minha pós-graduação. Obrigado pelas conversas, por ajudar em minhas atividades e pelos momentos de descontração.

Ao **Prof. Dr. Sillas Duarte**, pela oportunidade concedida de viver uma grande experiência de vida de morar em outro país, fazer amizades e poder trabalhar com grandes nomes da Odontologia. Obrigado pelas orientações sempre precisas e pela amizade.

Ao **Prof. Dr. Neimar Sartori**, sempre me ajudando e sendo amigo desde que o conheci em Florianópolis. Co-orientador em Los Angeles, foi de fundamental importância tanto no trabalho quanto na amizade.

Ao **Prof. Dr. Jin-Ho Phark**, que me recebeu em Los Angeles e me orientou em tudo que precisava para minha pesquisa.

Aos professores **Hamilton Maia, Guilherme Carpena, Jussara Bernardon, Mauro Amaral, Gilberto Arcari, Élio Araújo, Sheila Stolf e Beatriz Barros**. Obrigado pelo excelente convívio, amizade e contribuições com meus estudos.

Ao **Prof. Dr. Edson Araujo**, orientador no mestrado e grande amigo. Obrigado pela amizade e ensinamentos.

Aos meus amigos de turma de mestrado e doutorado, **Eduardo, Daniel, David, Greciana, Luana e Cássio**. Vocês foram essenciais para essa caminhada. Grandes amizades foram formadas e se depender de mim serão mantidas para sempre.

Aos amigos da turma anterior de doutorado, **Max, Silvana, Renan, Junio, Fábio, Juan, Marcelo**, com os quais sempre mantive contato e também contribuíram com meus estudos.

À turma de mestrado, **Diogo, Carlo, Shizuma, Marcell, Vanessa, Lindiane, Elizabeth, Lindiane, Gustavo e Gabriela**. Obrigado pela amizade e convívio sempre agradável.

À **Ana**, que sempre com muita boa vontade sempre me ajudou nos assuntos burocráticos da pós-graduação.

À **D. Léa e D. Talita**, sempre nos auxiliando nos assuntos relacionados à Dentística e aos professores. Saibam que esse intermédio foi e continuará sendo de fundamental importância para os alunos.

Ao **Prof. Dr. Ednaldo Guimaraes**, pela análise estatística e suporte prestado.

À **Universidade Federal de Santa Catarina**, pela oportunidade de realizar este projeto e por excelentes anos durante meus estudos na pós-graduação.

À **Fundação de Amparo a Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC)**, por financiar a confecção do dispositivo utilizado neste trabalho, em especial à coordenadora de projetos **Fernanda Beduschi Antonioli**, pelo excelente atendimento e suporte.

À **Deus**, sempre presente guiando nossos passos para caminhar com saúde, amor e humildade.

ALMEIDA, Adriano Gondim. **Translucidez e luminosidade de compósitos para esmalte em diferentes espessuras**. 2014. Tese (Doutorado em Odontologia – opção Dentística) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar *in vitro* a influência da espessura de resina composta para esmalte, baseadas ou não na escala vita clássica nos parâmetros de luminosidade e translucidez. Um dispositivo de resina epóxica foi criado e confeccionado pelo método de estereolitografia para possibilitar a confecção de espécimes de resina composta em forma de um incisivo central superior que apresentavam as camadas de esmalte palatal, dentina e variação de três espessuras de esmalte vestibular: 0,4mm; 0,8mm e 1,2mm. Os materiais testados foram os compósitos, Filtek Z350 XT(3M ESPE), Miris 2 (Coltène) e Ena HRi (Micerium). Foram feitas três leituras de cor para cada espécime utilizando o espectrofotômetro Vita Easy Shade (Vita Zahnfabrik). Pela análise estatística foram calculadas as médias das leituras e os parâmetros de translucidez e luminosidade. Os resultados mostram diferenças significativas entre os compósitos e entre as espessuras, sendo os maiores valores de luminosidade e menores graus de translucidez para o compósito Ena HRi e maiores valores de translucidez para o compósito Miris 2. Pode se concluir que os parâmetros de cor dependem do compósito utilizado e ainda da espessura utilizada.

Palavras chave: Esmalte dental, Resinas compostas, translucidez, luminosidade, estereolitografia, cor.

ALMEIDA, Adriano Gondim. **Translucidez e luminosidade de compósitos para esmalte em diferentes espessuras**. 2014. Tese (Doutorado em Odontologia – opção Dentística) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate *in vitro* the translucency parameter and lightness using enamel composite resin with different thicknesses, based or not on the Vita Classical shade guide. An epoxic resin device was developed and built by stereolithography process to enable the manufacture of specimens with the shape of an upper central incisor using composite resin. The specimens had layers of palatal enamel, dentin, and three different thicknesses of buccal enamel: 0.4mm, 0.8mm and 1.2mm. The composites tested were Filtek Supreme Ultra (3M ESPE), Miris 2 (Coltène) and Ena HRi (Micerium). The spectrophotometer Vita Easy Shade Vita Zahnfabrik) was used to perform three color measurements of each specimen. Measurement means were calculated and through statistical analysis translucency parameter and lightness were also calculated. The results showed significant differences between the composites used and their thicknesses. The values of lightness were higher for lightness and the translucency was higher for the composite Miris 2. It can be concluded that the color parameters evaluated depend on the composite used and their thickness.

Key-words: Dental enamel, Composite resins, translucency, lightness, stereolithography, color.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Múltiplas fibras ópticas do espectrofotômetro Vita Easy Shade Compact.Pág. 47
- Figura 2 – Imagem 3D da peça produzida em Solidworks utilizando o escaneamento do incisivo central superior.....Pág. 56
- Figura 3 – Corte das partes do dispositivo, sendo que cada parte superior sera substituída e acoplada de acordo com a camada a ser reproduzida.Pág. 56
- Figura 4 – Feixe de luz ultravioleta polimerizando camada superficial de resina líquida.....Pág. 57
- Figura 5 – Dispositivo pronto com todas as partes (Base, 1, 2, 3 e 4)Pág. 58
- Figura 6 – Inserção do compósito.....Pág. 60
- Figura 7 – Dispositivo para aplicar 1kg de pressão.....Pág. 60
- Figura 8 – Camadas de esmalte palatal e dentina polimerizados e finalizados.....Pág. 62
- Figura 9 – Desenho esquemático das camadas.Pág. 63
- Figure 10 – Espécimes: Sequência das camadas vestibulares com os compósitos de base.Pág. 63
- Figure 11 – Espécimes: Sequência das camadas vestibulares sem os compósitos de base.Pág. 64
- Figura 12 – Imagem ilustrativa dos espécimes de cada compósito utilizado.Pág. 66

Figure 13 – Espectrofotômetro Vita EasyShade Compact..Pág. 67

Figure 14 – Guia de silicone.Pág. 68

Figure 15 – Guia de silicone com o espécime.Pág. 68

Figura 16 – A - Espécime com guia de silicone sobre fundo branco; B - Espécime com guia de silicone sobre fundo preto; C – Tomada de cor sobre fundo branco; D - Tomada de cor sobre fundo preto.Pág. 69

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|---------|
| Tabela 1 – Compósitos utilizados para as camadas de esmalte palatal e dentina..... | Pág. 61 |
| Tabela 2 – Compósitos utilizados para as camadas de esmalte vestibular..... | Pág. 65 |
| Tabela 3 – Fundo branco com base (L^*) | Pág. 75 |
| Tabela 4 - Fundo preto com base (L^*)..... | Pág. 76 |
| Tabela 5 - Fundo branco com base (a^*)..... | Pág. 77 |
| Tabela 6 - Fundo preto com base (a^*)..... | Pág. 78 |
| Tabela 7 - Fundo branco com base (b^*)..... | Pág. 79 |
| Tabela 8 - Fundo preto com base (b^*)..... | Pág. 80 |
| Tabela 9 – Parâmetro de Translucidez com base (TP)..... | Pág. 82 |
| Tabela 10 - Fundo branco sem base (L^* , a^* , b^*)..... | Pág. 83 |
| Tabela 11 - Fundo preto sem base (L^* , a^* , b^*)..... | Pág. 83 |
| Tabela 12 - Parâmetro de translucidez sem base..... | Pág. 84 |
| Tabela 13 - ΔE com base..... | Pág. 84 |
| Tabela 14 - ΔE sem base..... | Pág. 85 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|---------|
| Gráfico 1 – Valores de luminosidade (L^*) em fundo branco..... | Pág. 75 |
| Gráfico 2 – Valores de luminosidade (L^*) em fundo preto. | Pág. 76 |
| Gráfico 3 – Valores de a^* em fundo branco. | Pág. 77 |
| Gráfico 4 – Valores de a^* em fundo preto. | Pág. 78 |
| Gráfico 5 – Valores de b^* em fundo branco. | Pág. 79 |
| Gráfico 6 – Valores de b^* em fundo preto. | Pág. 80 |
| Gráfico 11 – Valores de parâmetro de translucidez (TP).... | Pág. 82 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

| | |
|-----|---|
| CIE | Comissão Internacional de Iluminação |
| L* | Parâmetro Luminosidade |
| a* | Parâmetro do eixo verde-vermelho CIELab |
| b* | Parâmetro do eixo amarelo-azul CIELab |
| C | Croma ou Saturação |
| H | Matiz |
| TP | Parâmetro de Translucidez |
| HAP | Hidroxiapatita |
| JAD | Junção amelo-dentinária |
| FS | Filtek Z350 XT |
| M2 | Miris 2 |
| HR | ENA HRi |
| mm | milímetro |
| nm | nanômetro |
| µm | micrômetro |

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 33 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA..... | 39 |
| 2.1 Cor..... | 39 |
| 2.2 A luz e o dente natural..... | 41 |
| 2.2.1 Esmalte..... | 41 |
| 2.2.2 Esmalte e a luz..... | 42 |
| 2.2.3 Influência da junção amelo-dentinária..... | 42 |
| 2.2.4 Dentina..... | 43 |
| 2.3 A luz e os compósitos..... | 44 |
| 2.4 Luminosidade (L*): Dente x Compósitos..... | 45 |
| 2.5 Espectrofotômetro..... | 47 |
| 3 PROPOSIÇÃO..... | 51 |
| 4 METODOLOGIA..... | 55 |
| 5 RESULTADOS..... | 73 |
| 6 DISCUSSÃO..... | 89 |
| 7 CONCLUSÕES..... | 97 |
| 8 REFERÊNCIAS..... | 101 |

Introdução

1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de se criar um sorriso naturalmente estético, além de fatores como proporções e relação dos dentes com a gengiva, lábios e face, as características dentais como forma, textura de superfície, translucidez e cor devem ser considerados. A cor dos dentes é determinada pela combinação de efeitos de colorações intrínsecas e extrínsecas ao dente. Enquanto a coloração extrínseca é resultado da absorção de pigmentos externos pela superfície do dente, como a fumaça do cigarro e alimentos e bebidas com corantes, os efeitos intrínsecos estão associados à dispersão e absorção de luz pelo esmalte e dentina.¹

Existem dois métodos para aferir a cor dental, o método visual que é um método subjetivo para definição da aparência da cor, e o método instrumental que determina quantitativamente a composição da cor.^{2,3} Afim de padronizar cor e aparência, o sistema mais utilizado é o CIELab³ instituído pela Comissão Internacional de Iluminação que, através de uma fonte de luz padrão, desenvolveu um observador padrão permitindo o cálculo dos valores tristimulares, que representam a forma como o sistema visual humano responde à uma dada cor. Nesse sistema tridimensional de cor, os três eixos são representados por L* (medida de luminosidade), a* (medida da quantidade de cor entre vermelho e verde) e b* (medida de quantidade de cor entre amarelo e azul). A vantagem desse sistema é que as diferenças de cor podem ser quantificadas e relacionadas à percepção visual e significância clínica. Na odontologia, essa quantificação dos parâmetros de cor se justifica pela grande variedade de materiais e marcas comerciais, sendo que cada material apresenta composição diferente, e consequentemente propriedades mecânicas e ópticas distintas. Para verificar a capacidade do material restaurador em proporcionar adequada resistência e de mimetizar as propriedades ópticas das estruturas

dentais, é fundamental conhecer a estrutura e as propriedades ópticas do dente natural.

O esmalte dental, localizado na superfície externa da coroa dental, é formado por uma substância mineral denominada hidroxiapatita, que se encontra na forma cristalina, arranjada em forma de prismas orientados quase perpendicularmente à superfície dental. Os cristais de hidroxiapatita dentro de um prisma apresentam um eixo óptico que é orientado paralelo ao seu longo eixo na parte superior e quase perpendicular na parte inferior do prisma.^{4,5} Apesar de ser caracterizado como substrato mais translucido quando comparado à dentina, ao interagir com a luz, o esmalte age como um filtro, e quanto maior sua espessura, mais branca e brilhante é a aparência do dente.⁶

Ao contrário do que acontece nos dentes naturais, ao aumentar a espessura do incremento de resina composta de maior translucidez em uma restauração, menos brilhante e amarela fica a aparência da restauração e consequentemente mais cinza.⁷

A aparência das restaurações assim como no dente natural está relacionada com a interação da luz com os componentes de cada material.^{8,9} No caso das resinas compostas, o formato, tipo, concentração, e tamanho das partículas de carga inorgânica, pigmentos e monômeros são os responsáveis pelo modo de dispersão da luz pelo material, influenciando diretamente na translucidez e opacidade de cada material, e como as resinas compostas para esmalte apresentam partículas inorgânicas em sua composição, também influenciam na percepção da cor final da restauração.^{10, 11}

A percepção de cores pelo olho humano ocorre de maneira tridimensional, possibilitando a classificação de uma cor em valor ou luminosidade (quantidade de preto e branco), croma ou saturação (intensidade da cor), e matiz ou tom (cor propriamente dita). No intuito de classificar a cor dos materiais restauradores com relação aos parâmetros matiz, croma e valor, o sistema de escala de cor Vita clássica tem sido a referência

para seleção de cor de materiais restauradores. No caso das resinas compostas, a grande variedade de cores, saturações e efeitos são fatores que podem dificultar a escolha do clínico para selecionar as massas de resina que ficariam visualmente naturais e estéticas para cada caso com suas particularidades. Com o objetivo de simplificar a técnica restauradora, novos sistemas de resina composta tem sido desenvolvidos, sistemas esses que não se baseiam na escala de cor Vita clássica.¹² A nova filosofia de escala de cor tem como objetivo simplificar a processo de seleção das massas e obter resultados mais próximos dos dentes naturais.

Sabendo que o comportamento óptico dos materiais restauradores deve ser compatível com o da estrutura dental, o objetivo desse estudo é avaliar os parâmetros de cor de diferentes espessuras de resina composta para esmalte em diferentes sistemas de compósitos baseados na escala Vita, e sistemas não baseados na escala Vita.

Revisão da Literatura

2. Revisão da literatura

2.1 Cor

A percepção da cor é uma resposta psicofísica à interação física entre uma energia luminosa e um objeto, com a experiência subjetiva de um observador. Portanto, sendo resultado dessa interação, a cor pode ser influenciada pelo tipo da fonte luminosa, objeto e pelo observador.¹³

O objeto, ou matéria, não possui cor. Os elementos da matéria se diferenciam por estrutura molecular. A cor resulta da modificação da luz incidente ou refletida na sua posição espectral, ou comprimento de onda, o que ocorre também nos dentes. Diferente dos objetos opacos que absorvem ou refletem toda luz, os dentes são objetos reflexíveis, ou seja, são estimulados por ondas de energia de luz e emitem novas ondas específicas.

O olho humano do observador apresenta na retina 120 milhões de receptores e 400 mil feixes nervosos. Os receptores são divididos em bastonetes que são para visão noturna e níveis de claridade, e os cones que são para visão diurna e cores. Existem 3 tipos de cones fotorreceptores que se diferenciam de acordo com a sensibilidade:

Fotorreceptores C – sensível à ondas curtas - cor azul.

Fotorreceptores M – sensível à ondas médias - cor verde.

Fotorreceptores L – sensível à ondas longas – cor amarela.

A distância entre valores repetidos em um padrão de onda, ou picos de uma onda senoidal, conhecido como comprimento de onda, é apenas visível ao olho nu quando encontra-se dentro da variação de 380nm (violeta) e 780nm (vermelho).

Comprimentos de onda da luz no espectro de luz visível

Comprimento de onda Cor transmitida Cor absorvida
(nm)

| | | |
|---------|-----------------|-----------------|
| 400-435 | Violeta | Verde-amarelado |
| 438-480 | Azul | Amarelo |
| 480-490 | Azul esverdeado | Laranja |
| 490-500 | Verde azulado | Vermelho |
| 500-560 | Verde | Roxo (púrpura) |
| 560-580 | Verde amarelado | Violeta |
| 580-595 | Amarelo | Azul |
| 595-610 | Laranja | Azul esverdeado |
| 610-750 | Vermelho | Verde azulado |

Os fotorreceptores transmitem os sinais pelas células nervosas, formando um código que será decodificado no lado occipital do cérebro. Além disso, a percepção de claro e escuro também influencia na percepção da cor.⁸⁵

O olho humano percebe a cor de acordo com seu valor (quantidade de preto ou branco), croma (saturação) e matiz (tom, ou nome da cor). Cada uma dessas características pode ser ordenada em um espaço tridimensional, ou espaço cromático, por 3 coordenadas precisas. Na ausência de um sistema que represente as cores de forma absoluta, ou seja, com equidistância entre as cores da percepção visual, a Comissão Internacional de Iluminação (CIE) recomendou como referência internacional, dois sistemas de cores: o CIELUV para procedimentos aditivos como vídeos e filmes, e o CIELab para procedimentos subtrativos como cores e tintas.^{4, 14}

O espaço de cor CIELab é caracterizado pela ordenação das cores em três eixos: claro-escuro (L^*), azul-amarelo (a^*), verde-vermelho (b^*). As cores dos dentes naturais se situam em uma região das cores amarela e vermelha clara, próximo ao

centro. E a diferença entre uma cor e outra é determinada pelo ΔE .

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}$$

A determinação dos parâmetros de cor de uma estrutura pelo sistema CIELab, permite o cálculo de outros parâmetros como a translucidez, que se caracteriza pela habilidade de permitir que um material de fundo apareça através de uma substância cromática. Para isso muitos estudos utilizam geralmente o cálculo do parâmetro de translucidez (TP) ou a relação de contraste (CR).^{4, 15-17}

2.2 A luz e o Dente natural

O estudo da cor nos dentes naturais, além da relação com gengiva, lábios, face, forma e textura, está diretamente relacionada com a microestrutura dos diferentes tecidos dentários e o modo com que a luz interage com esses tecidos.

Basicamente, o dente natural é formado por 3 tecidos que interferem diretamente na sua cor: esmalte, junção amelodentinária e dentina.

2.2.1 Esmalte

A composição do esmalte natural, sua organização estrutural e interação com os tecidos subjacentes influenciam diretamente nas propriedades mecânicas e ópticas. O esmalte é derivado do ectoderma, composto por 96% de hidroxiapatita (HAP) e 4% de material orgânico. O cristal de hidroxiapatita está alinhado perpendicularmente à superfície dental,^{18,19} sendo frequentemente encontrado em forma hexagonal. Apresenta simetria de espaçamento entre cristais e uma estrutura que consiste em planos espelhados com íons fosfato tetraédricos (PO_4) intercalados entre íons de cálcio (Ca^{2+}). Os íons Ca^{2+} ocorrem de duas maneiras, colunas precisamente alinhadas e

triângulos equiláteros. Os íons OH ocupam colunas em eixos helicoidais.²⁰⁻²²

2.2.2 Esmalte e a luz

A transmissão de luz na estrutura dental ocorre de acordo com 4 fenômenos ópticos: transmissão especular, reflexão especular na superfície dental, reflexão difusa da luz na superfície e absorção e dispersão da luz.⁶⁹

O esmalte dental é caracterizado como uma camada de dispersão da luz no dente,^{23,24} que é altamente influenciada pelos cristais de hidroxiapatita. Isso se justifica pelo fato da transmissão de luz ocorrer de forma mais intensa na direção paralela do que perpendicularmente à superfície do dente. Eimar H e colaboradores (2011), relataram que diferenças no raio e comprimento dos cristais não resultam em grandes mudanças na dispersão da luz, mas uma pequena variação na quantidade de cristais induzirá em uma diferença significativa na dispersão da luz. Os autores relatam também que dentes com cristais de hidroxiapatita menores apresentam maiores quantidades de cristais, resultando em maior luminosidade do dente, assim, a o tamanho dos cristais estão inversamente relacionados com a luminosidade e matiz dos dentes.²⁵

Além disso, o reflexo azulado da luz no esmalte dental também comprova a importância da hidroxiapatita na dispersão da luz, menores comprimentos de onda da luz como violeta e azul apresentam maior dispersão, fenômeno caracterizado na dispersão da Rayleigh.^{26, 27}

2.2.3 Influência da Junção Amelo-Dentinária

A junção amelo-dentinária (JAD), interface entre dois tecidos mineralizados de diferentes composições e propriedades

biomecânicas, que, apesar de ter como função mais importante a prevenção de propagação de trincas no dente que poderiam causar fraturas²⁸, também influencia nas propriedades ópticas dos dentes naturais.

A JAD é descrita como uma rede de 25-200µm que contem fibrilas de colágeno tipo I paralelas com 80-120nm. A profundidade e composição orgânica/inorgânica da JAD podem ser diferentes de acordo com a localização no dente (oclusal, proximal e cervical).²⁸

Com relação à interação com a luz, a JAD, que apresenta um índice de refração que se caracteriza por como uma camada de alta translucidez, que exerce um papel de propagação e difusão interna da luz²⁹ e controle de luminosidade dos dentes naturais.³⁰ A luz transmitida até a JAD devido à translucidez do esmalte dental é absorvida, refletida e transmitida em todas as direções.²⁹ Além disso, a JAD apresenta estruturas altamente fluorescentes.^{28,31}

2.2.4 Dentina

A dentina, camada interna dos tecidos dentais mineralizados, é composta em 50% por minerais na forma de carbonato e cálcio deficiente em apatita, 30% de matéria orgânica na forma de colágeno tipo I e 20% de volume fluido. Sua morfologia varia de acordo com a localização no dente e sofre alterações com idade ou doenças. Os túbulos dentinários, que representam os caminhos traçados pelas células odontoblásticas partindo da junção amelo-dentinária, variam em densidade e orientação de acordo com a localização, sendo mais numerosos e espessos próximo à câmara pulpar. O lúmen dos túbulos dentinários são delineados por dentina peritubular altamente mineralizada composta por cristais de apatita e pouca matriz orgânica. Os túbulos são separados pela dentina intertubular que

é composta em sua maioria por matriz orgânica de colágeno tipo I reforçada por cristais de apatita.^{32,33}

A estrutura tubular dentinária e suas variações morfológicas proporciona diferenças de permeabilidade de acordo com a localização, diferenças que podem ter relação direta com a transmissão de luz pela dentina.³⁴ Com um índice de refração de 1,54, a dentina apresenta a propriedade óptica denominada anisotropia, que se define por diferente propagação da luz de acordo com a direção. Alguns trabalhos relatam que isso ocorre por direcionamento da onda eletromagnética ou efeito de fibra óptica, mas os trabalhos mais recentes mostram que isso ocorre por dispersão múltipla da luz pela microestrutura do tecido.³⁵⁻³⁷

Assim, a interação entre a luz e os tecidos dentais que produz todos os efeitos ópticos descritos, possibilita a percepção da cor dental.

2.3 A luz e os compósitos

Sabendo das propriedades ópticas e o modo como os dentes interagem com a luz, o maior desafio está em conseguir propriedades similares em materiais restauradores.

Com relação às resinas compostas, os efeitos ópticos de reflexão, absorção e dispersão da luz são realizados pelas partículas de carga e pigmentos. A luz refletida muda de acordo a razão absorção/dispersão, assim, uma maior absorção deixa o compósito mais escuro.³⁸⁻⁴¹

Os fabricantes de resina composta tem desenvolvido muitos compósitos diferentes no sentido de simular os efeitos ópticos da luz nos dentes. Isso tem sido feito modificando o tamanho, tipo, quantidade e morfologia das partículas de carga (esféricas ou irregulares).⁴²

Para simular a cor dos dentes naturais utiliza-se uma mistura de pigmentos inorgânicos que normalmente são

pigmentos amarelos, vermelhos, branco e preto, e para a fluorescência são utilizados óxidos terrosos raros como o Óxido de Európio, Óxido de Térbio e Óxido de Disprósio.⁴³

Para se obter translucidez e opacidade similares ao dente natural, a referencia utilizada é a diferença entre os índices de refração entre a matriz resinosa e as partículas dispersas,⁴⁴ considerando também que o índice de refração da matriz resinosa pode mudar após a polimerização.⁴⁵⁻⁴⁹ As partículas inorgânicas mais utilizadas em resinas compostas são sílica (índice de refração 1,46), dióxido de titânio (índice de refração 2,87), zircônia (índice de refração 2,24), estrôncio (índice de refração 1,51), bário (índice de refração 1,53), sendo as partículas de bário para radiopacidade, sílica amorfa para melhor manuseio do compósito na inserção, fluoreto de itérbio para efeitos estéticos.⁵⁰⁻⁶⁰

Com relação às dimensões das partículas, grandes avanços foram alcançados nos últimos anos com a aplicação da nanotecnologia em resinas compostas, enquanto em resinas híbridas o tamanho das partículas varia entre 8-30µm e de 0,7-3,6µm para compósitos microhíbridos, as partículas nanométricas variam de 0,1-100 nanômetros. As dimensões reduzidas das partículas possibilitam uma ampla distribuição com uma quantidade maior de carga diminuindo a contração de polimerização e melhorando as propriedades mecânicas e taxa de desgaste do compósito. Os compósitos com nanopartículas apresentam ainda melhores propriedades ópticas, pois o diâmetro das partículas é uma fração do comprimento de onda da luz visível (0,4 a 0,8µm) o que resulta na impossibilidade de detecção pelo olho humano.^{61, 62}

2.4 Luminosidade (L*): Dente x Compósitos

A luminosidade, conhecida também como valor, nível de claridade ou quantidade de branco ou preto é um fator

determinante no tratamento restaurador. Ainda que a saturação e o matiz sejam selecionados ligeiramente incorretos, se o valor estiver correto, o tratamento restaurador poderá ser satisfatório.⁶³

Nos dentes, a luminosidade depende diretamente da quantidade de luz, quanto mais luz, de todos os comprimentos de onda, mais opaco e claro será o esmalte dentário. O esmalte representa grande parte dessa propriedade óptica no dente natural, a remoção dele implica na necessidade de uma restauração que tenha propriedades similares para manter a cor e vivacidade do dente.⁶⁴ A perda de esmalte dental pode ocorrer por cáries, desgaste, erosão ou diminuir linearmente com a idade.²⁶ Mesmo em dentes de jovens, a luminosidade é influenciada pelo fundo dependendo do terço do dente. O dente natural apresenta maior luminosidade na sua região central, e luminosidades mais baixas nas regiões incisal e cervical. Isso ocorre devido a influência do fundo escuro na incisal e da pequena espessura encontrada na região cervical sendo influenciada pela dentina e raiz do dente.⁶⁵⁻⁷⁰ Portanto, a luminosidade é influenciada diretamente pela translucidez do esmalte.

A translucidez e opacidade nos compósitos é determinada pela composição de cada material, que é a responsável pela opacidade por dispersão da luz. Essa dispersão pode ser obtida quando o tamanho das partículas tem a mesma dimensão que o comprimento de onda da luz visível, 0,4 a 0,8 μ m.⁶⁹

Além do tamanho da partícula, o grau de translucidez também é influenciado pela forma, quantidade e tipo de partícula presente no compósito. Quanto maior a quantidade de matriz orgânica, mais translúcido é o material por haver reduzida dispersão da luz.⁷¹ E para uma maior aproximação das características de transmissão de luz do dente natural, diferentes partículas tem sido empregadas nos compósitos, como a sílica associada ao óxido de titânio, que apresenta melhor ajuste entre os índices de refração da matriz orgânica e carga inorgânica.⁷²

2.5 Espectrofotômetro

A literatura científica mostra que a leitura de cor realizada pelo método subjetivo, ou seja, observação pelo olho humano e comparação com uma escala de cor, não produz resultados precisos. Por isso, instrumentos de precisão como o espectrofotômetro e colorímetro são necessários para evitar erros pelas limitações humanas.⁷³⁻⁷⁹

O instrumento utilizado nesse estudo foi o espectrofotômetro de reflectância Vita Easy Shade Compact (Vita Easyshade; Vident; Brea, CA, EUA), que, com uma faixa espectral de 400-700nm, emite luz no espécime e a luz refletida é captada por múltiplas fibras ópticas (Figura 1) para sua interpretação e tradução das informações em dados do sistema CIELab e sistema LCH (valor, croma e saturação).



Figura 1 – Múltiplas fibras ópticas do espectrofotômetro Vita Easy Shade Compact.

Proposição

3. Proposição

O presente estudo se propôs a avaliar in vitro a influência da espessura de resina composta para esmalte, baseadas ou não na escala Vita clássica nos seguintes parâmetros:

- ✓ Luminosidade (L^*).
- ✓ Parâmetros de translucidez (TP).

Metodologia

4. Metodologia

Neste estudo, foram avaliadas propriedades ópticas de espécime de resina composta com forma de um incisivo central superior. Para isso a metodologia foi dividida em três etapas:

1. Confeção do dispositivo para confecção dos espécimes.
2. Confeção dos espécimes.
3. Leituras de cor.

Dispositivo desenvolvido para confecção dos espécimes

A obtenção do dispositivo que possibilitaria a reprodução de um incisivo central superior utilizando resina composta com diferentes espessuras na camada de esmalte vestibular consistiu em 3 passos:

1. Escaneamento 3D de um modelo de incisivo central superior
2. Criação de um modelo 3D com espessuras desejadas pela manipulação da imagem em 3D escaneada
3. Fabricação do dispositivo pelo método de estereolitografia (SLA).

O escaneamento 3D do modelo do dente foi obtido utilizando um scanner ATOS Triple Scan (Gom, Braunschweig, Alemanha) e as imagens obtidas foram manipuladas utilizando o programa de computador Solidworks (Solidworks, Dassault Systems Solidworks Corp., Concord, Massachusetts, EUA) que se baseia em operações paramétricas, capazes de criar modelos 3D sólidos utilizando relações automatizadas ou definidas pelo usuário para atingir os objetivos do projeto. Utilizando o programa Solidworks foi criado um dispositivo composto por 6 partes (Figura 2), que possibilitaria a reprodução das diferentes

camadas de um incisivo central superior utilizando resina composta. As camadas reproduzidas foram esmalte palatal, dentina e 3 camadas de esmalte vestibular.

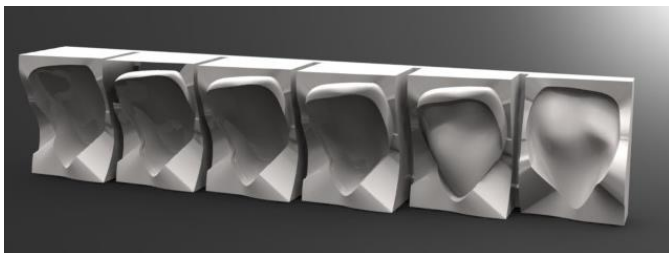


Figura 2 – Imagem virtual 3D da peça produzida no software Solidworks utilizando o escaneamento do incisivo central superior

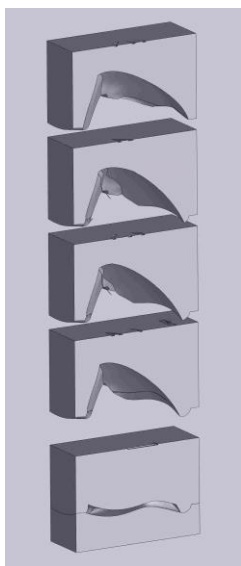


Figura 3 – Corte longitudinal de cada parte do dispositivo, dispostas verticalmente, sentido de acoplamento entre as partes de acordo com a camada a ser reproduzida.

O dispositivo foi confeccionado utilizando uma resina epóxica translúcida pelo processo de estereolitografia (foto solidificação), tecnologia de manufatura e rápida prototipagem para produzir peças de alta precisão e acabamento de superfície. Esse processo pode confeccionar objetos tridimensionais pela fotopolimerização da resina por incidência de luz ultravioleta (UV). O feixe de luz ultravioleta é direcionado por espelhos em um recipiente contendo resina epóxica fotossensível (Figura 4) polimerizando a resina resultando em uma camada do objeto em construção, após a fotopolimerização a plataforma é abaixada por um sistema de elevador, adicionando resina líquida sobre a camada anterior. Uma peça em forma de faca regulariza a camada líquida devido à alta viscosidade e o feixe de luz é direcionado novamente sobre a resina líquida polimerizando e unindo uma camada à outra. O processo de estereolitografia desse trabalho foi realizado utilizando o equipamento SLA 5000 (3D Systems, Valencia, CA, EUA).

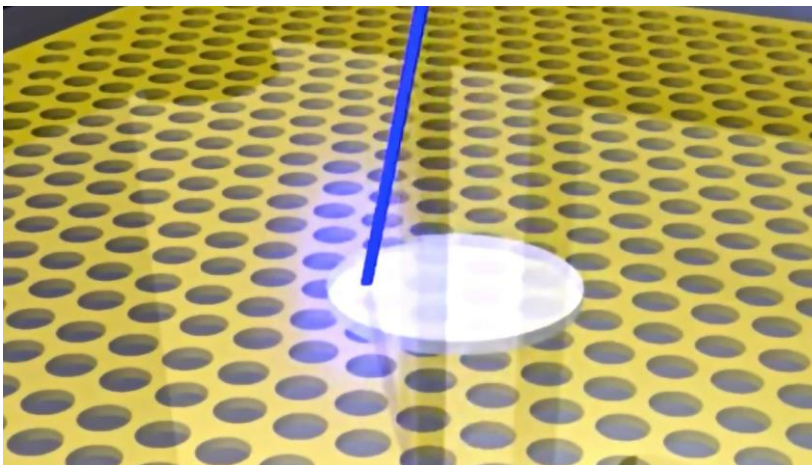


Figura 4 – Feixe de luz ultravioleta polimerizando camada superficial de resina líquida.

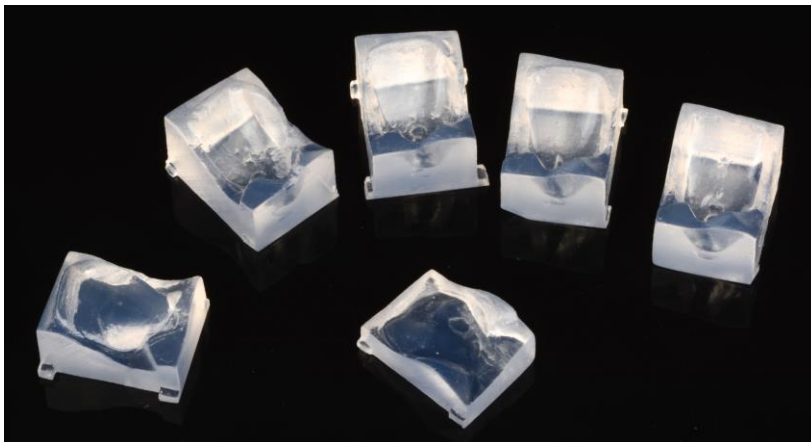


Figura 5 – Dispositivo pronto com todas as partes (Base, 1, 2, 3, 4 e 5)

Confecção dos espécimes

As resinas compostas utilizadas nesse estudo foram: Filtek Z350 XT (3M ESPE, EUA), Miris 2 (Coltene/Whaledent AG, Suíça) e ENA HRi (Micerium spa, Itália) (Tabela 2).

Confecção dos espécimes em forma de incisivo central superior

Utilizando o dispositivo desenvolvido (figura 5), os espécimes foram confeccionados em camadas de resina composta e fotopolimerizados de acordo com as instruções de cada fabricante utilizando uma unidade de fotopolimerização de luz halógena (Elipar™ 2500, 3M ESPE, EUA) que apresentou intensidade de 900 mW/cm^2 .

Para as camadas de esmalte palatal e dentina, os compósitos selecionados foram Filtek Z350 XT A1E e A2D respectivamente (Tabela 1), e esses foram os compósitos utilizados para todos os espécimes das diferentes marcas comerciais utilizadas para esmalte vestibular, para que dessa maneira o compósito de fundo fosse padronizado, uma vez que

um teste piloto foi realizado demonstrando que o compósito de fundo influencia nas leituras dos parâmetros de cor pelo espectrofotômetro.

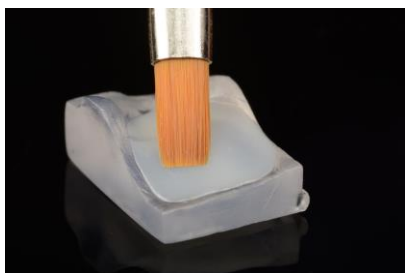
Devido ao fato de o dispositivo ser feito de resina epóxica, a área em contato com o compósito teve que ser isolada utilizando um gel lubrificante estéril, (MAC Medical Supply Company, Chicago, IL, EUA) para que não houvesse união entre resina composta e o dispositivo após polimerização.

Cada peça do dispositivo estava devidamente identificada na parte inferior da seguinte maneira: Base, 1, 2, 3, 4, e 5. A associação entre elas para confeccionar cada camada foi entre a base e uma das outras 5 peças, de acordo com a camada a ser confeccionada. A espessura das camadas de esmalte palatal e dentina de todos os espécimes apresentavam 0,5mm e 2,0mm respectivamente, e as camadas de esmalte vestibular apresentavam espessuras de 0,4mm, 0,8mm, e 1,2mm. As espessuras foram selecionadas de acordo com estudos encontrados na literatura com relação a espessura de esmalte e dentina em incisivos centrais superiores naturais de humanos.^{85,86}

Esmalte palatal

Utilizando um pincel descartável (3M ESPE, EUA), o gel lubrificante foi aplicado nas superfícies interna das partes Base e 1. Um único incremento foi aplicado sobre a superfície interna da peça Base, e com o auxílio de instrumentos de inserção de resina composta e um pincel (Figura 6 – A e B), o compósito foi acomodado e espalhado eliminando bolhas e irregularidades da superfície. As duas partes do dispositivo foram unidas a foi aplicada uma pressão de 1kg utilizando um dispositivo de pressão (Figura 7 – A e B) e o excesso de compósito foi removido das regiões laterais do dispositivo utilizando uma sonda exploradora clínica. Após a remoção dos excessos, o compósito

foi fotopolimerizado através do dispositivo, que foi fabricado com uma resina translúcida para possibilitar fotoativação através do dispositivo. Após polimerização através do dispositivo, as partes foram separadas e o compósito foi fotoativado pelo tempo de 20 segundos, tempo indicado pelo fabricante. O excesso causado pelo escoamento da resina foi cuidadosamente removido utilizando uma lamina de bisturi 15c, para que a próxima parte do dispositivo com a próxima camada de resina composta pudesse ter um perfeito encaixe com a base.

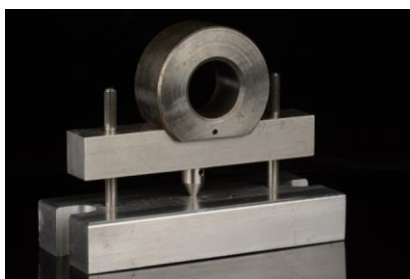


6A

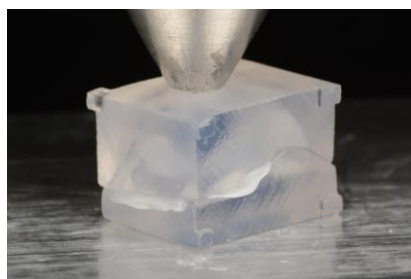


6B

Figura 6 – 6A - Inserção e regularização do compósito com pincel
6B – Compósito inserido com superfície regularizada.



7A



7B

Figura 7 – 7A - Dispositivo para aplicar 1kg de pressão
7B – Aplicação de pressão sobre dispositivo

Camada de dentina

Para a camada de dentina, as peças Base e 2 foram lubrificadas, e o compósito selecionado para dentina foi inserido na peça 2 do dispositivo. A peça 2 foi preenchida com compósito para dentina e em seguida foi acoplado e pressionado à peça Base que continha a camada de esmalte palatal já polimerizada. Após aplicar pressão entre as partes, a camada de dentina foi fotopolimerizada através do dispositivo e após separação das peças a camada de dentina foi fotopolimerizada por 40 segundos conforme instruções do fabricante. O excesso foi cuidadosamente removido utilizando uma lamina de bisturi 15c, para uma adequada adaptação da primeira camada de esmalte vestibular e entre as partes do dispositivo.

Tabela 1 – Compósitos utilizados para as camadas de esmalte palatal e dentina

| Marca comercial | Código | Composição | Cor | Tempo de fotoativação | Lote | Fabricante |
|------------------------|---------------|--|------------|------------------------------|-------------|-------------------|
| Filtek™ Z350 XT | FS | Cerâmica tratada com silano, sílica tratada com silano, UDMA, bisfenol A polietileno glicol diéter dimetacrilato, BISGMA, zirconia tratada com silano, polietileno glicol dimetacrilato, TEGDMA, 2,6-di-tert-butil-p-cresol. | A1E A2D | 20 segundos 40 segundos | N489914 | 3M ESPE |



Figura 8 – Imagem ilustrativa das camadas de esmalte palatal e dentina polimerizados e finalizados

Camadas de esmalte vestibular

Para cada resina composta utilizada neste estudo foram confeccionados e avaliados 5 espécimes de cada espessura de esmalte vestibular. Para a primeira camada de esmalte vestibular, as peças Base e 3 foram lubrificadas e uma camada de aproximadamente 0,5mm de resina para esmalte foi inserida na superfície da peça 3 do dispositivo. Utilizando instrumentos de inserção e pincéis a camada foi espalhada sobre a superfície removendo bolhas e irregularidades. O compósito de fundo, com as camadas de esmalte palatal e dentina polimerizados e confeccionados previamente (Figura 8), foram posicionados sobre a superfície da base e em seguida as peças base e 3 foram acopladas para união com a primeira camada de esmalte vestibular. Foi aplicada a pressão de 1kg e o excesso cuidadosamente removido pelas laterais com uma sonda exploradora clínica. Após remoção dos excessos, o compósito foi fotopolimerizado através do dispositivo, as partes foram separadas e o camada de esmalte vestibular foi fotopolimerizada

como indicado pelo fabricante de cada marca comercial. O excesso foi cuidadosamente removido com uma lamina de bisturi 15c para adaptação apropriada da próxima camada de esmalte vestibular e entre as peças do dispositivo. O mesmo procedimento foi repetido para a segunda e Terceira camadas de esmalte vestibular, acoplando Base com 4 para camada de 0,8mm e Base com 5 para a camada de 1,2mm. A disposição das camadas está descrita no desenho ilustrativo da Figura 9 e a sequência dos espécimes na Figura 10.

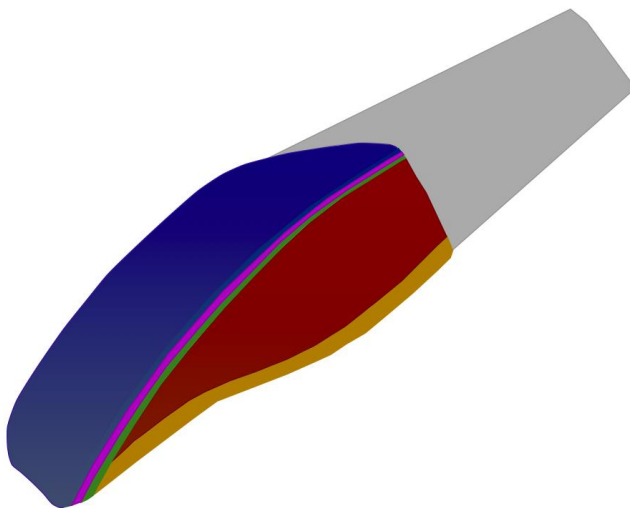


Figura 9 – Desenho esquemático das camadas.



Figura 10 – Espécimes: Sequência das camadas vestibulares com os compósitos de base.

Camadas de esmalte vestibular sem os compósitos de fundo (esmalte palatal e dentina)

Com o objetivo de comparar os parâmetros de cor entre os espécimes com e sem os compósitos de esmalte palatal e dentina, espécimes das camadas de esmalte vestibular foram confeccionados separadamente (Figura 11). Para isso, foi confeccionado um espécime de base com as camadas de esmalte palatal e dentina, que foi posicionado na Base e gel lubrificante foi aplicado em toda sua superfície para que não houvesse adesão com a camada de esmalte vestibular, possibilitando fácil separação entre elas.

Após a realização da medida dos parâmetros de cor da primeira camada (0,4mm), a mesma camada foi utilizada para confecção e união com a segunda camada (0,8mm) e terceira camada (1,2mm) certificando que não houvesse gel lubrificantes entre as camadas de esmalte vestibular.



Figura 11 – Espécimes: Sequência das camadas vestibulares sem os compósitos de base.

Tabela 2 – Compósitos utilizados para camadas de esmalte vestibular

| Marca comercial | Código | Composição | Cor | Tempo polimerização | Lote | Fabricante |
|--------------------|--------|--|-----|---------------------|-------------|-----------------------|
| Filtek™ Z350 XT | FS | Cerâmica tratada com silano, sílica tratada com silano, UDMA, bisfenol A polietileno glicol diéter dimetacrilato, BISGMA, zircônia tratada com silano, polietileno glicol dimetacrilato, TEGDMA, 2,6-di-tert-butil-p-cresol. | A1E | 20 segundos | N489914 | 3M ESPE |
| Miris 2 | M2 | 10%BISGMA, 5%TEGDMA, 5%UDMA, barrio vítreo silanizado, sílica amorfa hidrófoba. | NR | 20 segundos | D49272 | Coltene/ Whaledent AG |
| ENA HRi | HR | Diuretandimet acrilato, Iso-propiliden-bis (2(3)-hidroxi-3(2)-4(fenoxi)propl) Bis-GMA); 1,4Butanodiol dimetacrilate, 12,5% particular vítrea, partículas de nano-zircônia. | UE2 | 40 segundos | 2012003 758 | Micerium spa |

As camadas de esmalte vestibular apresentavam a forma convexa de um incisivo central superior e as bordas externas também eram semelhantes à um incisivo central superior.

A área da superfície para leitura de cor foi mantida sem qualquer contaminação por contato com a luva e os espécimes foram armazenados em ausência de luz e umidade por 24h antes da medida dos parâmetros de cor.

A sequência de espécimes de cada resina composta utilizada está representada pela figura 12.

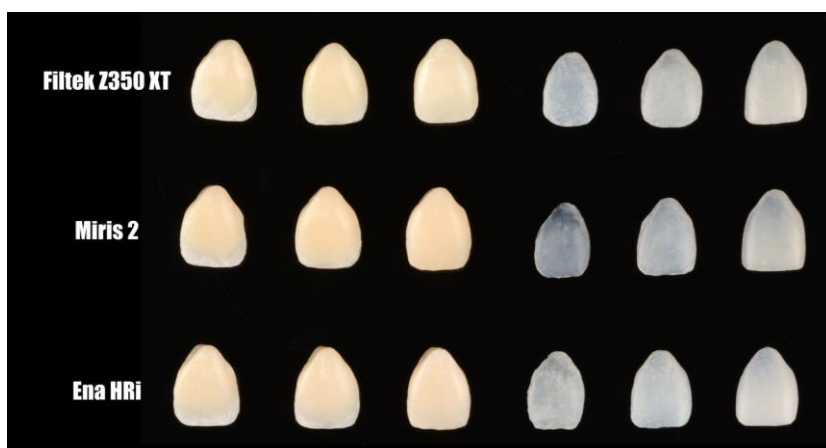


Figura 12 – Imagem ilustrativa dos espécimes com e sem compósitos de base de cada material utilizado.

Leitura de Cor

Foram realizadas 3 leituras de cor em cada espécime utilizando o espectrofotômetro de reflectância Vita EasyShade Compact (Vita Zahnfabrik, Alemanha) (Figura 13), de acordo com a escala de cor CIELab relativa ao iluminante padrão D65 sobre os fundos branco e preto.



Figure 13 – Espectrofotômetro Vita EasyShade Compact.

As comparações de parâmetros de cor foram feitas entre as diferentes espessuras de esmalte vestibular, entre as espessuras dos espécimes compostos apenas por esmalte vestibular e entre leitura imediata com leitura após 24h da fotopolimerização, sendo armazenados em recipiente protegido da incidência de luz externa até a medida de cor após 24h. Além disso, foi realizada a leitura de cor do espécime base, ou seja, espécime composto por resina composta de esmalte palatal e dentina, essa leitura foi realizada para efeitos de comparação com as espessura de esmalte vestibular avaliadas.

Guia de Silicone

Com o objetivo de padronizar a área de avaliada em todos os espécimes, foi confeccionada uma guia de silicone (Figura 14) através da moldagem de um espécime de resina composta confeccionado com o dispositivo utilizado para confeccionar todos os espécimes do presente estudo. Após a moldagem, foi aberto um orifício com as mesmas dimensões da ponta do espectrofotômetro, na área correspondente à superfície vestibular dos espécimes. A área da superfície vestibular a ser avaliada foi determinada por medidas de espessura realizadas com um espessímetro, de modo que a área selecionada

apresentasse 0,5mm de espessura em esmalte palatal, 2,0mm na camada de dentina, 0,4mm na primeira camada de esmalte vestibular, 0,8mm na segunda camada de esmalte vestibular e 1,2mm na terceira camada de esmalte vestibular.

Todos os espécimes foram posicionados na guia de silicone (Figura 15) na mesma posição e a ponta do espectrofotômetro inserida no orifício aberto previamente (Figura 15). Para cada espécime foram realizadas 3 medidas que foram devidamente registradas.



Figure 14 – Guia de silicone.



Figure 15 – Guia de silicone com o espécime em posição.

Protocolo para leitura de cor

- 1- O espécime era colocado em posição na guia de silicone, certificando de que iria permanecer na posição para tomada de cor;
- 2- Inserção da ponta do espectrofotômetro no orifício confeccionado, conferência da posição do espécime certificando-se de que não foi deslocado;
- 3- Posicionamento sobre o fundo branco, ou fundo preto (Figura 16 A e B);
- 4- Posicionamento da ponta do espectrofotômetro angulado em 90°(Figura 16 C e D);
- 5- Leitura de cor;
- 6- Registro dos dados.

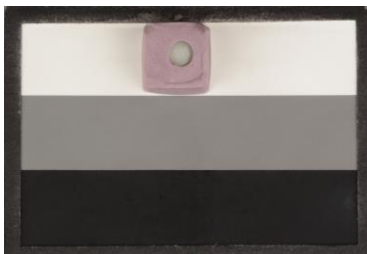


Figura 16-A



Figura 16-B

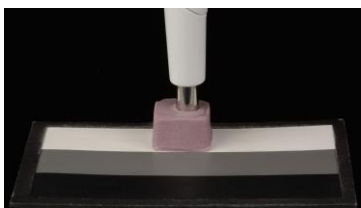


Figura 16-C



Figura 16-D

Figura 16 – A - Espécime com guia de silicone sobre fundo branco; B - Espécime com guia de silicone sobre fundo preto; C – Leitura de cor sobre fundo branco; D - Leitura de cor sobre fundo preto.

Para fins de comparação foram realizadas leituras de cor no espécimes compostos apenas por esmalte palatal e dentina, sendo classificado como espessura 0,0mm.

A diferença de cor e os parâmetros de cor foram calculados pelas equações seguintes:

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

Onde $\Delta L^* = L_1^* - L_0^*$

$$\Delta a^* = a_1^* - a_0^*$$

$$\Delta b^* = b_1^* - b_0^*$$

Para a significância clínica dos resultados obtidos considerou-se que valores de $\Delta E > 3,3$ como inaceitáveis por serem perceptíveis clinicamente.

O parâmetro de translucidez (TP) dos espécimes foi calculado pela diferença entre as medidas realizadas sobre os fundos branco e preto utilizando a seguinte equação (O alto valor de TP indica alta translucidez e baixa opacidade):

$$TP = [(L_B^* - L_W^*)^2 + (a_B^* - a_W^*)^2 + (b_B^* - b_W^*)^2]^2$$

Resultado

5. Resultados

Os dados obtidos pelas leituras com o espectrofotômetro foram tabulados e analisados estatisticamente. Para comparar os compósitos, espessura e presença ou não de compósitos de base, realizou-se análise de variância em delineamento inteiramente ao acaso com três fatores. A análise de normalidade foi realizada pelo teste de Anderson-Darling e teste de Levene no caso de distribuição normal. Para as variáveis com distribuição normal realizou-se o teste paramétrico de análise de variâncias (ANOVA) e aplicação do teste “post-hoc” de Tukey para comparação de média entre os grupos. Variáveis com distribuição não normal foram analisadas por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Foram utilizados os mesmos testes para comparação entre compósito, espessura e período de avaliação (imediato e 24h) e ainda o teste de Wilcoxon para dados pareados na comparação entre os períodos.

Todas as análises estatísticas foram feitas com significância de 5% utilizando os softwares R (R Development Core Team, 2014) e IBM SPSS (IBM Corp. Released 2013) e seguindo as metodologias descritas em Montgomery, D. C. (1997) e Munro (2005).

Nos espécimes que apresentavam resina composta de base (esmalte palatal e dentina), os resultados mostram que houve redução significativa nos valores de luminosidade para a espessura de 1,2mm para os espécimes das resinas Filtek Z350 e Miris 2 e valores similares em todas as espessuras para a resina Ena HRI, tanto no período de avaliação imediato quanto 24h após. Ao comparar os compósitos em espessuras iguais verificou-se que houve diferença significativa entre os três na espessura de 0,4mm sendo os maiores valores apresentados pelo compósito Ena HRI e o menor valor para o compósito Miris 2. Na espessura de 0,8mm não houve diferença significativa entre os compósitos Filtek Z350 e Ena HRI, com o menor valor sendo

apresentado novamente pela resina Miris 2. Os espécimes com espessura de esmalte vestibular de 1,2mm não apresentaram diferença significativa entre os compósitos Filtek Z350 e Ena HRi e observou-se baixo valor de luminosidade para o compósito Miris 2.

As médias dos valores obtidos para as coordenadas L*, a, b em fundo branco e preto estão apresentados nas tabelas 3-8 e gráficos 1-6.

5.2 Análise dos dados no sistema CIELab

Tabela 3 – Fundo branco com base (L*)

| Esp/ Mat | Período de Avaliação | | | | | |
|-------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------|
| | Imediato | | | 24h | | |
| | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri |
| 0,0mm | 78.19±1.25 Aa | 78.06±0.48 Aa | 78.33±1.21 Aa | 77.29±0.49 Aa | 79.61±1.86 Aa | 77.89±1.07 Aa |
| 0,4mm | 82.70±0.30 ABab | 80.66±0.61 Babc | 83.78±1.12 Aab | 82.48±0.45 ABab | 81.03±0.67 Aa | 84.02±0.48 Bab |
| 0,8mm | 85.01±0.31 Ab | 80.77±0.42 Bc | 84.98±0.26 Ab | 85.20±0.34 Ab | 81.11±0.40 Ba | 84.89±0.41 ABb |
| 1,2mm | 83.40±0.36 ABab | 78.19±0.76 Bab | 84.38±0.87 Aab | 83.24±0.45 ABab | 79.00±0.38 Aa | 84.13±0.82 Bab |

Letras minúsculas comparam espessura dentro de cada material e letras maiúsculas comparam material dentro de cada espessura.

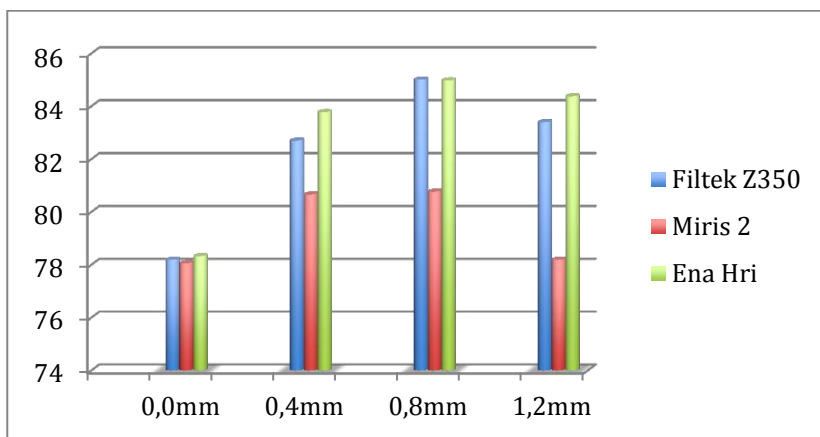


Gráfico 1 – Valores de luminosidade dos compósitos nas diferentes espessuras.

Tabela 4 - Fundo preto com base (L*)

| Esp/ Mat | Periodo de Avaliação | | | | | |
|-------------|----------------------|-------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------|
| | Imediato | | | 24h | | |
| | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri |
| 0,0mm | 77.43±1.12 Aa | 77.30±0.50 Aa | 78.19±1.37 Aa | 76.77±0.89 Aa | 79.17±1.91 Aa | 77.53±0.93 Aa |
| 0,4mm | 82.36±0.33 ABab | 80.48±0.55 Bb | 83.65±1.20 Aab | 81.96±0.64 ABab | 80.51±0.69 Aa | 83.74±0.58 Bab |
| 0,8mm | 84.77±0.36 Ab | 80.40±0.46 Bb | 84.68±0.33 Ab | 84.76±0.22 Ab | 80.60±0.27 Ba | 84.68±0.52 Ab |
| 1,2mm | 83.32±0.32 ABab | 78.00±0.77 Bab | 84.16±0.91 Aab | 83.17±0.22 ABab | 78.77±0.43 Aa | 83.97±0.86 Bab |

Letras minúsculas comparam espessura dentro de cada material e letras maiúsculas comparam material dentro de cada espessura.

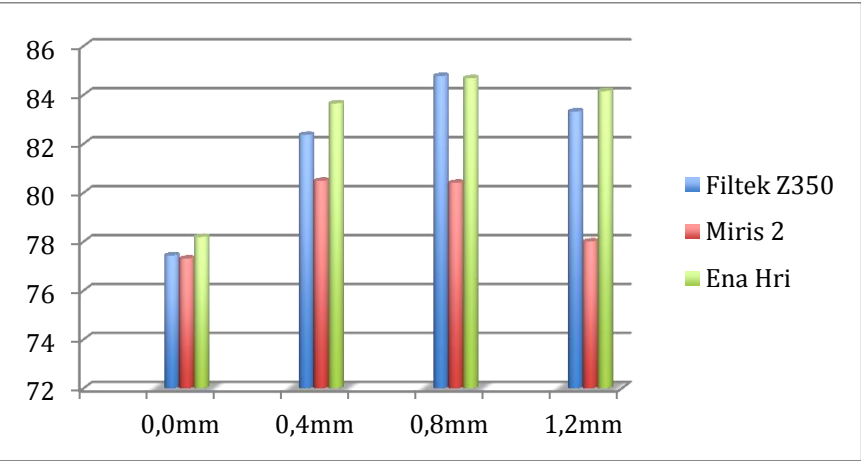


Gráfico 2 – Valores de luminosidade em fundo preto.

Tabela 5 - Fundo branco com base (a*)

| Esp/ Mat | Periodo de Avaliação | | | | | |
|-------------|----------------------|------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Imediato | | | 24h | | |
| | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri |
| 0,0mm | 1.97±0.43 Aa | 1.88±0.20 Aa | 2.11±0.41 Aa | 2.28±0.21 Aa | 1.56±0.31 Ba | 2.16±0.22 ABa |
| 0,4mm | 0.29±0.06 AaB | 1.06±0.30 Bb | 0.48±0.15 ABab | 0.26±0.04 Aab | 0.94±0.10 Bb | 0.33±0.17 Aab |
| 0,8mm | -0.31±0.09 Abc | 1.15±0.11 Bab | -0.08±0.16 ABbc | -0.44±0.09 Abc | 1.02±0.12 Bab | -0.24±0.19 Bb |
| 1,2mm | -0.66±0.08 Ac | 1.79±0.08 Ba | -0.38±0.09 ABc | -0.66±0.04 Ac | 1.63±0.04 Ba | -0.47±0.14 ABa |

Letras minúsculas comparam espessura dentro de cada material e letras maiúsculas comparam material dentro de cada espessura.

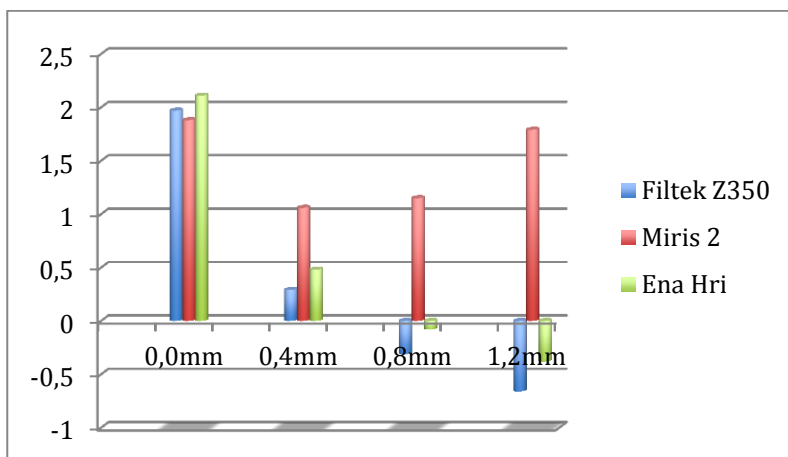
**Gráfico 3 – Valores de a* em fundo branco.**

Tabela 6 - Fundo preto com base (a*)

| Esp/ Mat | Período de Avaliação | | | | | |
|-------------|----------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Imediato | | | 24h | | |
| | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri |
| 0,0mm | 1.68±0.30 Aa | 1.61±0.23 Aa | 1.69±0.41 Aa | 1.99±0.23 Aa | 1.27±0.31 Ba | 1.88±0.21 Aa |
| 0,4mm | 0.02±0.05 Aab | 0.70±0.33 Bb | 0.17±0.11 ABab | 0.00±0.00 Aab | 0.67±0.14 Bb | 0.05±0.19 Aab |
| 0,8mm | -0.56±0.08 Abc | 0.80±0.16 Bab | -0.34±0.19 ABb | -0.69±0.69 Abc | 0.73±0.19 Bab | -0.50±0.20 Bb |
| 1,2mm | -0.86±0.08 Ac | 1.42±0.10 Bab | -0.63±0.11 ABb | -0.85±0.05 Ac | 1.30±0.02 Bab | -0.72±0.13 ABb |

Letras minúsculas comparam espessura dentro de cada material e letras maiúsculas comparam material dentro de cada espessura.

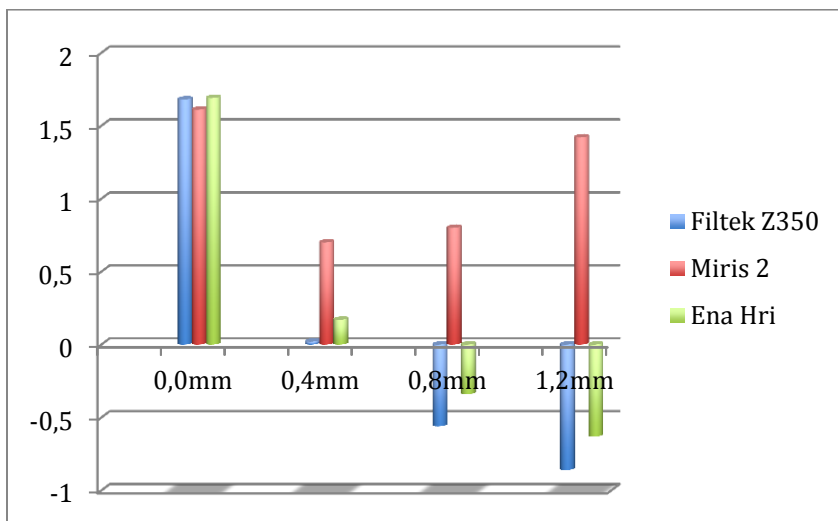
**Gráfico 4 – Valores de a* em fundo preto.**

Tabela 7 - Fundo branco com base (b*)

| Esp/ Mat | Período de Avaliação | | | | | |
|-------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Imediato | | | 24h | | |
| | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri |
| 0,0mm | 36.68±2.94 Aa | 35.30±1.69 Aa | 34.80±2.32 Aa | 37.52±1.28 Aa | 32.57±1.43B Ba | 35.21±1.80 ABa |
| 0,4mm | 25.81±0.52 Aab | 25.36±1.55 Aab | 25.35±0.20 Aab | 25.44±0.34 Aab | 25.42±0.88 Aab | 24.78±0.68 Aab |
| 0,8mm | 19.18±0.49 Abc | 20.44±0.44 Bbc | 20.56±1.67 ABbc | 19.50±0.31 Abc | 20.37±0.47 Abc | 20.47±1.10 Abc |
| 1,2mm | 15.12±0.52 Ac | 18.04±0.65 Bb | 17.82±0.70 Bc | 15.14±0.50 Ac | 17.84±0.76 Bc | 17.72±0.87 Bc |

Letras minúsculas comparam espessura dentro de cada material e letras maiúsculas comparam material dentro de cada espessura.

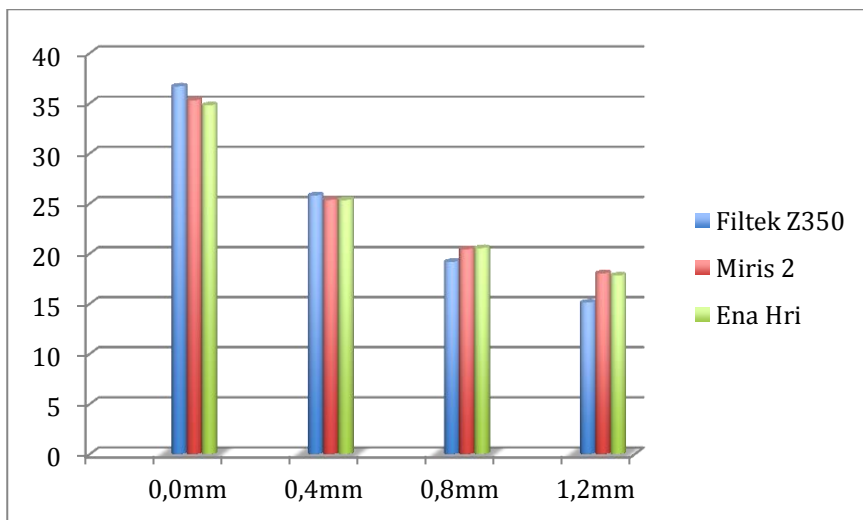
**Gráfico 5 – Valores de b* em fundo branco.**

Tabela 8 - Fundo preto com base (b*)

| Esp/ Mat | Período de Avaliação | | | | | |
|-------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Imediato | | | 24h | | |
| | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri |
| 0,0mm | 36.26±2.64 Aa | 35.03±1.41 Aa | 33.67±2.52 Aa | 37.15±1.60 Aa | 32.44±1.29 Ba | 34.92±1.73 ABa |
| 0,4mm | 25.34±0.57 Aab | 24.74±1.74 Aab | 24.76±0.14 Aab | 25.24±0.28 Aab | 25.28±1.07 Aab | 24.13±0.80 Aab |
| 0,8mm | 18.78±0.49 Abc | 20.02±0.52 Bbc | 20.10±1.64 ABbc | 19.34±0.42 Abc | 19.97±0.59 Abc | 19.92±1.07 Abc |
| 1,2mm | 14.92±0.45 Ac | 17.53±0.71 Bb | 17.38±0.62 Bc | 14.92±0.41 Ac | 17.43±0.84 Bc | 17.28±0.93 Bc |

Letras minúsculas comparam espessura dentro de cada material e letras maiúsculas comparam material dentro de cada espessura.

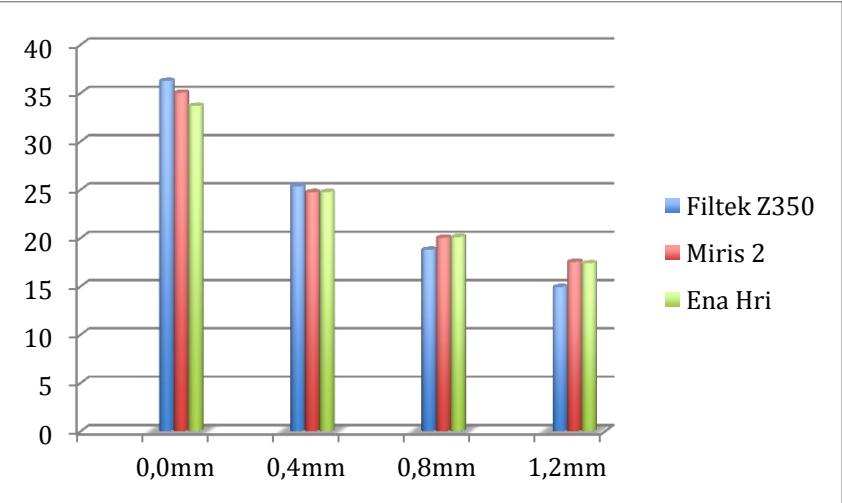


Gráfico 6 – Valores de b* em fundo preto.

As análises relacionadas com o parâmetro de translucidez (TP), tabela 9, demonstram maior translucidez na espessura 0,4mm e valores menores de translucidez em espessuras maiores, sendo os menores valores apresentados pela espessura de 1,2mm.

Ao comparar espécimes com e sem compósito de base (esmalte palatal e dentina), tabelas 13 e 14, observam-se diferenças significativas influenciadas tanto por material quanto por espessura do esmalte vestibular. Os valores de luminosidade mostram uma redução significativa nos espécimes sem base comparados aos com base, sendo o compósito Miris 2 com menores valores em todas as espessuras e o compósito Filtek Z350 com maiores valores de luminosidade em espessuras de 0,8 e 1,2mm.

Assim como a luminosidade a translucidez representada na tabela 17, nos espécimes mostrou diferenças significativas com valores maiores no espécimes sem compósitos de base, com valores de translucidez consideravelmente maiores apresentados pelo compósito Miris 2 seguido pelos compósitos Ena HRi e Filtek Z350 respectivamente.

Os valores de ΔE nos espécimes com a base, mostram que todos os espécimes quando comparados com a base apresentam valores maiores do que foi determinado como aceitável clinicamente. Todos os espécimes sem os compósitos de base também apresentaram valores mais altos do que o aceitável clinicamente ($\Delta E > 3,3$) exceto o compósito Ena Hri na comparação entre as espessuras de 0,4 e 0,8mm.

Tabela 9 – Parâmetro de Translucidez com base (TP)

| Esp/ Mat | Periodo de Avaliação | | | | | |
|-------------|----------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Imediato | | | 24h | | |
| | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri | Filtek Z350 | Miris 2 | Ena Hri |
| 0,0mm | 1.47±0.16 Aa | 1.04±0.27 Aa | 1.39±0.67 Aa | 1.31±0.26 Aa | 1.11±0.47 ABa | 0.73±0.21 Bab |
| 0,4mm | 0.72±0.15 Aab | 0.96±0.39 Aa | 0.82±0.15 Aab | 0.75±0.17 Aab | 0.71±0.09 Aa | 0.81±0.13 Aa |
| 0,8mm | 0.59±0.17 Ab | 0.72±0.07 Aa | 0.64±0.16 Ab | 0.64±0.15 Ab | 0.78±0.28 Aa | 0.67±0.06 Aab |
| 1,2mm | 0.43±0.04 Ab | 0.67±0.12 Ba | 0.58±0.08 ABb | 0.57±0.15 Ab | 0.62±0.14 Aa | 0.55±0.11 Ab |

Letras minúsculas comparam espessura dentro de cada material e letras maiúsculas comparam material dentro de cada espessura.

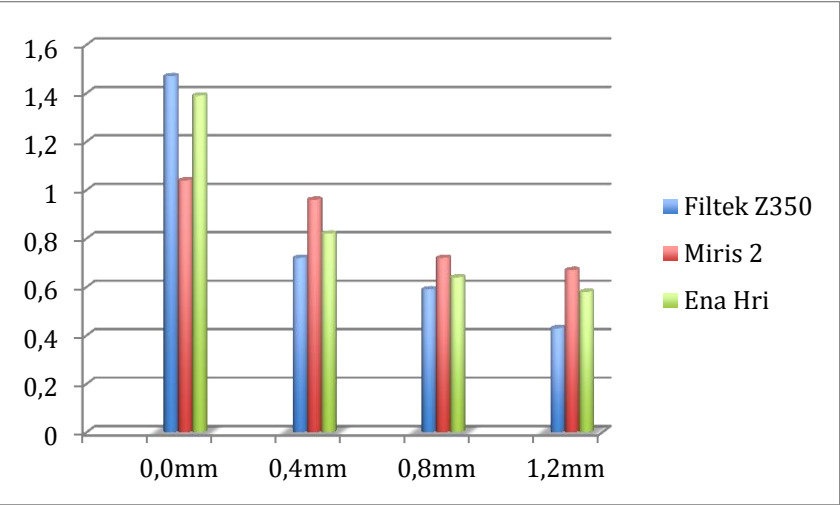


Gráfico 11 – Valores de parâmetro de translucidez (TP).

Tabela 10 - Fundo branco sem base (L^* , a^* , b^*)

| Esp/ Mat | L^* | | | a^* | | | b^* | | |
|------------------------|-------------|---------------|---------------|-------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0,4mm | 0,8mm | 1,2mm | 0,4mm | 0,8mm | 1,2mm | 0,4mm | 0,8mm | 1,2mm |
| Filtek Z350 | 65.07 Ba | 72.34 ABab | 77.94 Ab | 0.24 ABa | -1.27 ABab | -1.72 ABb | 3.41 Ab | 4.46 ABa | 8.42 Aab |
| Miris 2 | 60.30 Ab | 64.61 Aa | 69.53 Bab | 2.02 Ab | 0.66 Aa | -0.17 Bab | 5.04 Bb | 1.43 Ba | 3.72 Bab |
| Ena HRi | 69.65 Bb | 69.73 Ba | 76.74 ABab | -0.27 Bb | -1.46 Ba | -1.95 Aab | 5.28 Bab | 4.54 Aa | 8.36 Ab |

Letras minúsculas comparam espessura dentro de cada material e letras maiúsculas comparam material dentro de cada espessura.

Tabela 11 - Fundo preto sem base (L^* , a^* , b^*)

| Esp/ Mat | L^* | | | a^* | | | b^* | | |
|------------------------|-------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|------------|-------------|
| | 0,4mm | 0,8mm | 1,2mm | 0,4mm | 0,8mm | 1,2mm | 0,4mm | 0,8mm | 1,2mm |
| Filtek Z350 | 54.83 Ba | 68.66 Aab | 76.32 Ab | -1.86 ABb | -2.39 ABa | -2.14 Aab | 1.38 Ab | 2.56 Aa | 7.04 Aab |
| Miris 2 | 16.54 Ab | 58.62 Ba | 66.75 Bab | 0.90 Aa | -1.49 Ab | -1.50 Bb | 6.28 Bb | 2.52 Aa | 1.38 Bab |
| Ena HRi | 55.80 Bb | 66.07 ABa | 74.70 ABab | -2.64 Ba | -3.40 Bb | -2.90 Aab | 2.44 ABa | 2.52 Ba | 6.69 Ab |

Letras minúsculas comparam espessura dentro de cada material e letras maiúsculas comparam material dentro de cada espessura.

| Tabela 12 - Parâmetro de translucidez sem base | | | |
|--|--------------|-------------|-------------|
| Mat/Esp | TP | | |
| | 0,4mm | 0,8mm | 1,2mm |
| Filtek Z350 | 10.67 ABb | 4.29 Aa | 2.19 Aab |
| Miris 2 | 43.80 Ab | 7.50 Aa | 3.92 Bab |
| Ena HRI | 14.68 Ba | 4.69 Aab | 2.80 ABb |

Letras minúsculas comparam espessura dentro de cada material e letras maiúsculas comparam material dentro de cada espessura.

| Tabela 13 - ΔE com base | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|
| Mat/ Esp | ΔE _W | | | ΔE _B | | |
| | 0,4mm | 0,8mm | 1,2mm | 0,4mm | 0,8mm | 1,2mm |
| Filtek Z350 | 11.89 Ba | 18.91 Bb | 22.34 Bc | 12.09 Ba | 19.08 Bb | 22.27 Bc |
| Miris 2 | 10.32 Aa | 15.13 Ab | 17.28 Ac | 10.82 ABa | 15.35 Ab | 17.52 Ac |
| Ena HRI | 11.06 ABa | 15.89 Ab | 18.20 Ac | 10.60 Aa | 15.21 Ab | 17.51 Ac |

Letras minúsculas comparam espessura dentro de cada material e letras maiúsculas comparam material dentro de cada espessura.

Tabela 14 - ΔE sem base

| Mat/ Esp | ΔE_W com base | | ΔE_W sem base | | ΔE_B com base | | ΔE_B sem base | |
|------------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|
| | 0,4- 0,8mm | 0,8- 1,2mm | 0,4- 0,8mm | 0,8- 1,2mm | 0,4- 0,8mm | 0,8- 1,2mm | 0,4- 0,8mm | 0,8- 1,2mm |
| Filtek Z350 | 7.04 Ba | 10.76 Bb | 7.55 Aa | 13.98 Ab | 7.01 Aa | 10.50 Ab | 13.91 Aa | 22.24 Ab |
| Miris 2 | 4.93 Aa | 7.79 Ab | 5.81 Ba | 9.59 Bb | 4.73 Aa | 7.68 Ab | 40.59 Ba | 50.50 Bb |
| Ena HRI | 5.02 Aa | 7.64 Ab | 1.73 Ca | 7.92 Cb | 4.86 Aa | 7.48 Aa | 10.31 Ca | 19.38 Ab |

Letras minúsculas comparam espessura dentro de cada material e letras maiúsculas comparam material dentro de cada espessura.

Discussão

6. Discussão

Muitos trabalhos avaliam a diferença de cor entre compósitos e escalas de cor.^{77,79} A dificuldade de se obter uma escala de cor que mimetiza todas as variações de cor em dentes humanos e a impossibilidade de, ao mesmo tempo associar com os diferentes compósitos disponíveis no mercado odontológico indica a necessidade de se conhecer as propriedades ópticas dos materiais restauradores.

A variação na composição dos materiais restauradores representa uma grande vantagem ao possibilitar a mimetização óptica de um dente natural, mas ao mesmo tempo dificulta a confecção de restaurações visualmente imperceptíveis pois é necessário que o profissional conheça as características e efeitos ópticos de cada sistema de compósito, seja ele cromático, acromático, baseado na escala Vita ou não.

O estudo presente rejeita a hipótese nula de que compósitos para reprodução das camadas de esmalte não são influenciadas pela variação de espessura e diferentes marcas comerciais.

Os resultados desse estudo mostram que com o aumento da espessura, propriedades ópticas importantes como a translucidez e luminosidade diminuem consideravelmente nos compósitos Filtek Z350 XT e Miris 2, e valores similares em todas as espessuras para a resina Ena HRi. Os resultados mostram também que essa variação muda de acordo com os materiais utilizados, indicando que além da diferença de nomenclatura para seleção de cor, cada material se comporta de maneira diferente ao interagir com a luz.

A cor dos dentes pode ser influenciada por vários fatores desde a cor da pele,⁸⁰ idade⁸¹ até a forma, textura, translucidez e

dispersão da luz de acordo com fatores intrínsecos e fatores extrínsecos aos dentes ou restaurações.¹

Os materiais restauradores, além de todos esses fatores ainda podem ser influenciados pela sua composição, que é a grande responsável pela maneira com a qual o material interage com a luz. No caso dos compósitos, as partículas inorgânicas são responsáveis pela maioria dos efeitos ópticos que tem por objetivo mimetizar as características do dente natural.

Neste estudo, três compósitos de diferentes marcas e composições foram utilizados, o compósito Filtek Z350 XT que utiliza sílica e zircônia em sua composição, o compósito Miris 2 que utiliza bário vítreo silanizado, e sílica amorfa, e o compósito Ena HRi que utiliza partículas vítreas e partículas de óxido de nano-zircônia. As partículas inorgânicas presentes nos materiais analisados, assim como o quartzo, bário, óxido de titânio entre outros, conferem ao compósito propriedades como radiopacidade, melhores propriedades mecânicas e ópticas de acordo com o tipo, tamanho e distribuição das partículas.⁵⁹⁻⁶² Cada tipo de material apresenta um índice de refração de luz diferente, o que influencia diretamente na dispersão da luz internamente ao atravessar o material.

O índice de refração do esmalte natural é de 1,62, o que pode mudar dependendo do nível de desidratação do dente. Com o objetivo de simular as propriedades ópticas dos dentes naturais e para compensar o aumento do índice de refração da matriz orgânica resinosa após fotoativação,⁴⁵ os fabricantes de compósitos, além de pigmentos, fotoiniciadores e matriz resinosa, acrescentam partículas inorgânicas para que o material apresente propriedades ópticas semelhantes ou próximas as do esmalte natural.

Apesar da nomenclatura utilizada nos compósitos Miris 2 e Ena HRi não ser baseada na escala de cor Vita clássica, as cores utilizadas no estudo foram selecionadas de acordo com informações contidas nas instruções dos fabricantes de modo

que apresentem características semelhantes. No compósito Filtek Z350, a resina escolhida foi a de cor A1, que de acordo com estudos, é uma das cores mais frequentemente encontrada entre pacientes.⁷⁹ Para o compósito Miris 2, utilizou-se a resina NR (neutral regular), que, de acordo com instruções do fabricante, é a cor que melhor reproduz cores representadas pela letra “A” na escala Vita Clássica. E para o compósito Ena HRi, a resina de escolha foi a UE2 (universal enamel 2), que é descrita como uma resina de médio valor, indicada para pacientes com idade entre 25 e 45 anos.

Os resultados mostram que os maiores valores de luminosidade foram encontrados na resina composta Ena HRi, onde uma possível explicação pode ser o tamanho das partículas utilizadas em sua composição. O compósito Ena HRi apresenta em sua composição 80% da sua carga inorgânica de partículas vítreas de 1,0 μm , 12,5% de partículas de óxido de nano zircônia com tamanho de 20nm.

O caminho percorrido pela luz no compósito ou a transmissão de luz pelo material, tem seu trajeto determinado pela dispersão óptica e absorção causados pelos componentes internos do material. A dispersão da luz ocorre devido à refração e reflexão da luz na interface entre matriz resinosa, partículas inorgânicas e espaço vazios. O coeficiente de dispersão é máximo quando o diâmetro da partícula é igual ao comprimento de onda da luz incidente. Se a partícula é maior que o comprimento de onda, haverá menos dispersão e mais reflexão, e quanto maior a reflexão maior a luminosidade.⁴¹

A translucidez é a propriedade de um substrato ou substância que permite a passagem de luz mas também faz sua dispersão, sendo descrita como o estado entre a completa opacidade e completa transparência. A translucidez em materiais restauradores é normalmente avaliada calculando-se o parâmetro de translucidez (TP) ou relação de contraste (CR).⁸⁵ Neste estudo a translucidez foi calculada utilizando o parâmetro de translucidez através da formula descrita na metodologia do trabalho. Se o

material é absolutamente opaco, o valor de TP é zero, e quanto maior o valor de TP, maior a translucidez do material.⁴⁷

Os resultados desse trabalho com relação ao parâmetro de translucidez mostram maior translucidez para o compósito Miris 2 e menor translucidez para o compósito Filtek Z350 XT.

A passagem de luz pode ser influenciada, além do tamanho e quantidade de partículas inorgânicas, mas também pelo tipo de partícula, pois cada tipo apresenta um índice de refração diferente. O índice de refração determina o quanto a luz é refratada, ou seja, o quanto a direção da luz é modificada pelos componentes do material. Para tanto, devem ser considerados o comprimento de onda da luz e o índice de refração de cada componente. Dos materiais utilizados nesse estudo, a partícula de zircônia é a que possui maior valor de índice de refração (índice de refração = 2.15). A zircônia está presente nos compósitos Ena HRi e Filtek Z350 XT, o que pode ser considerado como uma possível justificativa para a maior translucidez do compósito Miris 2, que apresenta bário (índice de refração = 1.53) e sílica (índice de refração = 1.54).

Os dentes naturais podem apresentar diferentes graus de translucidez e opacidade de acordo com a região do dente avaliada. Isso ocorre pela diferença em espessuras de esmalte e dentina nos diferentes terços dos dentes naturais. As propriedades ópticas do esmalte natural podem ser influenciadas pela dimensão dos cristais de hidroxiapatita, pela direção e alinhamento dos cristais e até por impurezas incluídas no substrato.⁸² Outra característica importante do esmalte mostra que o cristal de hidroxiapatita pode apresentar variações no tamanho e carbonização do cristal, fatores que também influenciam significativamente nos parâmetros de cor dos dentes naturais.²⁵

O esmalte natural é uma estrutura complexa, e tentar reproduzi-lo de maneira semelhante com compósitos é extremamente difícil. Investigações sobre a cristalização da apatita têm sido desenvolvidas com o intuito de reproduzir

microestruturas similares ao esmalte natural, no entanto, o processo da cristalização do esmalte ainda não é bem conhecido.⁸³

Atualmente, a utilização de diferentes partículas e diferentes tamanhos, tipos, formas, quantidade e distribuição, são o recurso utilizado para mimetizar as estruturas dentais em restaurações diretas com resina composta. Além das diferentes marcas comerciais com diferentes composições de compósitos, ainda pode haver uma variação em um mesmo compósito mas com espessuras diferentes.

O presente trabalho obteve resultados nos quais a diferença de cor entre compósitos de mesma marca quando utilizado em diferentes espessuras de resina pra esmalte, mostra valores que caracterizam mudança de cor clinicamente perceptível ($\Delta E > 3,3$). Portanto, cada compósito em uma determinada espessura apresenta parâmetros de cor diferentes.

Conclusões

7. Conclusões

Considerando as limitações do estudo, conclui-se que:

1. Compósitos da mesma marca e cor podem apresentar parâmetros de cor diferentes dependendo da espessura utilizada.
2. Diferentes composições de diferentes marcas de resina composta proporcionam diferentes graus de luminosidade e translucidez.
3. O compósito Ena HRi apresentou maiores valores de luminosidade e menores graus de translucidez.
4. O compósito Miris 2 apresentou maiores valores de translucidez quando comparados aos compósitos Ena HRi e Filtek Z350 XT.

Referências

5. Referências

1. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent.* 2004;32 Suppl 1:3-12.
2. Ardu S, Feilzer AJ, Devigus A, Krejci I. Quantitative clinical evaluation of esthetic properties of incisors. *Dent Mater.* 2008 Mar;24(3):333-40.
3. Johnston WM. Color measurement in dentistry. *J Dent.* 2009;37 Suppl 1:e2-6. Epub 2009 Apr 29.
4. Commission Internationale de L'Eclairage (1971) Official Recommendations of the International Commission on Illumination Publication CIE No 15 (E-1.3.1).
5. G. Duplain, R. Boulay, and P. BÉlanger, Complex index of refraction of dental enamel at CO2 laser wavelengths, *Appl. Opt.* 26, 4447-4451 (1987).
6. Brodbelt RH, O'Brien WJ, Fan PL, Frazer-Dib JG, Yu R. Translucency of human dental enamel. *J Dent Res.* 1981 Oct;60(10):1749-53.
7. Schmeling M, Meyer-Filho A, de Andrada MA, Baratieri LN. Chromatic influence of value resin composites. *Oper Dent.* 2010 Jan-Feb;35(1):44-9.
8. Paravina RD, Westland S, Kimura M, Powers JM, Imai FH. Color interaction of dental materials: blending effect of layered composites. *Dent Mater.* 2006 Oct;22(10):903-8.

9. Kamishima N, Ikeda T, Sano H. Color and translucency of resin composites for layering techniques. *Dent Mater J.* 2005 Sep;24(3):428-32.
10. Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Takahashi H, Ban S. Effect of filler properties in composite resins on light transmittance characteristics and color. *Dent Mater J.* 2007 Jan;26(1):38-44.
11. Hirabayashi S, Hirasawa T. Improvements to light transmittance in light-cured composite resins by the utilization of low refractive index dimethacrylates. *Dent Mater J.* 1990 Dec; 9(2):203-14.
12. Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *J Dent.* 2009; 37 Suppl 1:e15-20.
13. Gibson JJ, Bridgeman B. The visual perception of surface texture in photographs. *Psychol Res.* 1987;49(1):1-5.
14. Lee YK, Yu B, Lee SH, Cho MS, Lee CY, Lim HN. Shade compatibility of esthetic restorative materials--A review. *Dent Mater.* 2010 Dec;26(12):1119-26.
15. Schmeling M, DE Andrada MA, Maia HP, DE Araújo EM. Translucency of value resin composites used to replace enamel in stratified composite restoration techniques. *J Esthet Restor Dent.* 2012 Feb;24(1):53-8.
16. Villarroel M, Fahl N, De Sousa AM, De Oliveira OB Jr. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *J Esthet Restor Dent.* 2011 Apr;23(2):73-87.
17. Yu B, Lee YK. Influence of color parameters of resin composites on their translucency. *Dent Mater.* 2008 Sep;24(9):1236-42.

18. Fujisaki K, Todoh M, Niida A, Shibuya R, Kitami S, Tadano S. Orientation and deformation of mineral crystals in tooth surfaces. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2012 Jun; 10:176-82.
19. White SN, Luo W, Paine ML, Fong H, Sarikaya M, Snead ML. Biological organization of hydroxyapatite crystallites into a fibrous continuum toughens and controls anisotropy in human enamel. *J Dent Res*. 2001 Jan;80(1):321-6.
20. Reyes-Gasga J, Martínez-Piñeiro EL, Brès EF. Crystallographic structure of human tooth enamel by electron microscopy and x-ray diffraction: hexagonal or monoclinic? *J Microsc*. 2012 Oct; 248(1):102-9.
21. Chan YL, Ngan AH, King NM. Degraded prism sheaths in the transition region of hypomineralized teeth. *J Dent*. 2010 Mar;38(3):237-44.
22. Osborn JW. A 3-dimensional model to describe the relation between prism directions, parazonal and diazonal bands, and the Hunter-Schreger bands in human tooth enamel. *Arch Oral Biol*. 1990;35(11):869-78.
23. O'Brien WJ. Fraunhofer diffraction of light by human enamel. *J Dent Res*. 1988 Feb;67(2):484-6.
24. Sousa FB, Vianna SS, Santos-Magalhães NS. Dental enamel birefringence for a wide mineral content range and for different immersion media's refractive indexes: an improved mathematical interpretation. *J Microsc*. 2009 Jan;233(1):69-75.
25. Eimar H, Marelli B, Nazhat SN, Abi Nader S, Amin WM, Torres J, de Albuquerque RF Jr, Tamimi F. The role of

- enamel crystallography on tooth shade. *J Dent.* 2011 Dec;39 Suppl 3:e3-10.
26. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent.* 2000 Apr; 83(4):418-23.
27. Vaarkamp J, ten Bosch JJ, Verdonchot EH. Propagation of light through human dental enamel and dentine. *Caries Res.* 1995; 29(1):8-13.
28. Ferreira, Isana Álvares. Influência da reprodução da junção Amelodentinária no comportamento óptico de restaurações com compósitos.: Florianópolis, UFSC, 2006, Tese, programa de pós-graduação em odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.
29. Muia, PJ, Esthetic restorations – improved dentist-laboratory communication. Chicago: Quintessence Books, 1993.
30. Vanini L. Light and color in anterior composite restorations. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1996 Sep; 8(7):673-82; quiz 684.
31. LOSEE FL, JENNINGS WH, LAWSON ME Jr, FORZIATI AF. Microstructure of the human tooth. *J Dent Res.* 1957 Dec; 36(6):911-21.
32. Zaslansky P, Zabler S, Fratzl P. 3D variations in human crown dentin tubule orientation: a phase-contrast microtomography study. *Dent Mater.* 2010 Jan;26(1):e1-10.
33. Marshall GW Jr, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent.* 1997 Nov;25(6):441-58.

34. Turrioni AP, de Oliveira CF, Basso FG, Moriyama LT, Kurachi C, Hebling J, Bagnato VS, Costa CA. Correlation between light transmission and permeability of human dentin. *Lasers Med Sci.* 2012 Jan;27(1):191-6.
35. Ardu S, Feilzer AJ, Braut V, Benbachir N, Rizcalla N, Mayoral JR, Krejci I. Pilot in vivo image spectrophotometric evaluation of optical properties of pure enamel and enamel dentin complex. *Dent Mater.* 2010 Jul;26(7):e205-10.
36. Yu B, Ahn JS, Lee YK. Measurement of translucency of tooth enamel and dentin. *Acta Odontol Scand.* 2009;67(1):57-64.
37. Kienle A, Hibst R. Light guiding in biological tissue due to scattering. *Phys Rev Lett.* 2006 Jul 7;97(1):018104.
38. Powers JM, Yeh CL, Miyagawa Y. Optical properties of composites of selected shades in white light. *J Oral Rehabil.* 1983 Jul;10(4):319-24.
39. Lim YK, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Influence of filler distribution on the color parameters of experimental resin composites. *Dent Mater.* 2008 Jan;24(1):67-73.
40. Lee YK. Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dent Mater.* 2008 Sep;24(9):1243-7.
41. Lee YK. Influence of scattering/absorption characteristics on the color of resin composites. *Dent Mater.* 2007 Jan;23(1):124-31.

42. Zimmerli B, Strub M, Jeger F, Stadler O, Lussi A. Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2010;120(11):972-86.
43. Uo M, Okamoto M, Watari F, Tani K, Morita M, Shintani A. Rare earth oxide-containing fluorescent glass filler for composite resin. *Dent Mater J*. 2005 Mar;24(1):49-52.
44. Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC, Lim YK. Changes in scattering and absorption properties of esthetic filling materials after aging. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2007 Jan;80(1):131-9.
45. Shortall AC, Palin WM, Burtscher P. Refractive index mismatch and monomer reactivity influence composite curing depth. *J Dent Res*. 2008 Jan;87(1):84-8.
46. Janda R, Roulet JF, Kaminski M, Steffin G, Latta M, color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *Eur J Oral Sci*. 2004;112:280-5.
47. Paravina RD, Ontiveros JC, Powers JM. Curing-dependent changes in color and translucency parameter of composite bleach shades. *J Esthet Restor Dent* 2002;14:158-66.
48. dos Santos GB, Alto RV, Filho HR, da Silva EM, Fellows CE. Light transmission on dental resin composites. *Dent Mater*. 2008 May;24(5):571-6.
49. Lehtinen J, Laurila T, Lassila LV, Vallittu PK, Rätty J, Hernberg R. Optical characterization of bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate-triethyleneglycoldimethacrylate

(BisGMA/TEGDMA) monomers and copolymer. *Dent Mater.* 2008 Oct;24(10):1324-8.

50. Campbell PM, Johnston WM, O'Brien WJ. Light scattering and gloss of an experimental quartz-filled composite. *J Dent Res.* 1986 Jun;65(6):892-4.
51. Yu B, Ahn JS, Lim JI, Lee YK. Influence of TiO₂ nanoparticles on the optical properties of resin composites. *Dent Mater.* 2009 Sep;25(9):1142-7.
52. Dukic W, Delija B, Derossi D, Dadic I. Radiopacity of composite dental materials using a digital X-ray system. *Dent Mater J.* 2012 Feb 3;31(1):47-53.
53. Ornaghi BP, Meier MM, Rosa V, Cesar PF, Lohbauer U, Braga RR. Subcritical crack growth and in vitro lifetime prediction of resin composites with different filler distributions. *Dent Mater.* 2012 Sep;28(9):985-95.
54. Rastelli AN, Jacomassi DP, Faloni AP, Queiroz TP, Rojas SS, Bernardi MI, Bagnato VS, Hernandez AC. The filler content of the dental composite resins and their influence on different properties. *Microsc Res Tech.* 2012 Jun;75(6):758-65.
55. Feng L, Suh BI, Shortall AC. Formation of gaps at the filler-resin interface induced by polymerization contraction stress: Gaps at the interface. *Dent Mater.* 2010 Aug;26(8):719-29.
56. Lohbauer U, Wagner A, Belli R, Stoetzel C, Hilpert A, Kurland HD, Grabow J, Müller FA. Zirconia nanoparticles prepared by laser vaporization as fillers for dental adhesives. *Acta Biomater.* 2010 Dec;6(12):4539-46.

57. Blackham JT, Vandewalle KS, Lien W. Properties of hybrid resin composite systems containing prepolymerized filler particles. *Oper Dent*. 2009 Nov-Dec;34(6):697-702.
58. Elbishari H, Satterthwaite J, Silikas N. Effect of Filler Size and Temperature on Packing Stress and Viscosity of Resin-composites. *Int J Mol Sci*. 2011;12(8):5330-8.
59. Guo G, Fan Y, Zhang JF, Hagan JL, Xu X. Novel dental composites reinforced with zirconia-silica ceramic nanofibers. *Dent Mater*. 2012 Apr;28(4):360-8.
60. Zhang H, Darvell BW. Mechanical properties of hydroxyapatite whisker-reinforced bis-GMA-based resin composites. *Dent Mater*. 2012 Aug;28(8):824-30.
61. Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dent Mater*. 2007 Jan;23(1):51-9.
62. Ardu S, Braut V, Uhac I, Benbachir N, Feilzer AJ, Krejci I. A new classification of resin-based aesthetic adhesive materials. *Coll Antropol*. 2010 Sep;34(3):1045-50.
63. Derbabian K, Marzola R, Donovan TE, Arcidiacono A. The science of communicating the art of esthetic dentistry. Part III: precise shade communication. *J Esthet Restor Dent*. 2001;13(3):154-62.
64. ten Bosch JJ, Coops JC. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *J Dent Res*. 1995 Jan;74(1):374-80.

65. O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL. Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dent Mater.* 1997 May;13(3):179-85.
66. Baratieri LN Araujo E, Monteiro S Jr. Color in natural teeth and direct resin composite restorations: essential aspects. *Eur J Esthet Dent.* 2007 Summer;2(2):172-86.
67. Li R, Ma X, Liang S, Sa Y, Jiang T, Wang Y. Optical properties of enamel and translucent composites by diffuse reflectance measurements. *J Dent.* 2012 Jul;40 Suppl 1:e40-7.
68. Terry DA, Geller W, Tric O, Anderson MJ, Tourville M, Kobashigawa A. Anatomical form defines color: function, form, and aesthetics. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2002 Jan-Feb;14(1):59-67; quiz 68.
69. Li R, Ma X, Liang S, Sa Y, Jiang T, Wang Y. Optical properties of enamel and translucent composites by diffuse reflectance measurements. *J Dent.* 2012 Jul;40 Suppl 1:e40-7.
70. Atsu SS, Aka PS, Kucukesmen HC, Kilicarslan MA, Atakan C. Age-related changes in tooth enamel as measured by electron microscopy: implications for porcelain laminate veneers. *J Prosthet Dent.* 2005 Oct;94(4):336-41.
71. Miyagawa Y, Powers JM, O'Brien WJ. Optical properties of direct restorative materials. *J Dent Res.* 1981 May;60(5):890-4.
72. Suzuki H, Taira M, Wakasa K, Yamaki M. Refractive-index-adjustable fillers for visible-light-cured dental resin

composites: preparation of TiO₂-SiO₂ glass powder by the sol-gel process. J Dent Res. 1991 May;70(5):883-8.

73. Johnston WM. Color measurement in dentistry. J Dent. 2009;37 Suppl 1:e2-6.
74. Dozić A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. J Prosthodont. 2007 Mar-Apr;16(2):93-100.
75. Khashayar G, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Data comparison between two dental spectrophotometers. Oper Dent. 2012 Jan-Feb;37(1):12-20.
76. Li Q, Xu BT, Li R, Wang YN. Spectrophotometric comparison of translucent composites and natural enamel. J Dent. 2010;38 Suppl 2:e117-22.
77. Browning WD, Contreras-Bulnes R, Brackett MG, Brackett WW. Color differences: polymerized composite and corresponding Vitapan Classical shade tab. J Dent. 2009;37 Suppl 1:e34-9.
78. Kim DH, Park SH. Evaluation of resin composite translucency by two different methods. Oper Dent. 2013 May-Jun;38(3):E1-15.
79. Rodrigues S, Shetty SR, Prithviraj DR. An evaluation of shade differences between natural anterior teeth in different age groups and gender using commercially available shade guides. J Indian Prosthodont Soc. 2012 Dec;12(4):222-30.

80. Jahangiri L, Reinhardt SB, Mehra RV, Matheson PB. Relationship between tooth shade value and skin color: an observational study. *J Prosthet Dent.* 2002 Feb;87(2):149-52.
81. Eiffler C, Cevirgen E, Helling S, Zornek J, Pritsch M, Hassel AJ. Differences in lightness, chroma, and hue in the anterior teeth of quinquagenarians and septuagenarians. *Clin Oral Investig.* 2010 Oct;14(5):587-91.
82. Murray C, Wortmann G. Trovafloxacin-induced weakness due to a demyelinating polyneuropathy. *Southern Medical Journal* 2000;93(5):514–5.
83. Wang L, Guan X, Yin H, Moradian-Oldak J, Nancollas GH. Mimicking the Self-Organized Microstructure of Tooth Enamel. *J Phys Chem C Nanomater Interfaces.* 2008 Mar 22;112(15):5892-5899.
84. Commission Internationale de L'Eclairage (1971) Official Recommendations of the International Commission on Illumination Publication CIE No 15 (E-1.3.1).
85. Hatjó, J.: A beleza natural nos dentes anteriores. Santos, São Paulo, 2008.
86. Ferrari M, Patroni S, Balleri P. Measurement of enamel thickness in relation to reduction for etched laminate veneers. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1992;12(5):407-13.
87. Klapdohr S, Moszner N. New inorganic components for dental filling composites. *Monatsh Chem* 2005;136: 21–45

88. Arimoto A, Nakajima M, Hosaka K, Nishimura K, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J. Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. *Dent Mater*. 2010 Nov;26(11):1090-7.
89. Dietschi D, Ardu S, Krejci I. A new shading concept based on natural tooth color applied to direct composite restorations. *Quintessence Int*. 2006 Feb;37(2):91-102.
90. Hall NE, Lindauer SJ, Tüfekçi E, Shroff B. Predictors of variation in mandibular incisor enamel thickness. *J Am Dent Assoc*. 2007 Jun;138(6):809-15.
91. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2003 Oct;23(5):467-79.
92. Sidhu SK, Ikeda T, Omata Y, Fujita M, Sano H. Change of color and translucency by light curing in resin composites. *Oper Dent*. 2006 Sep-Oct;31(5):598-603.
93. Azzopardi N, Moharamzadeh K, Wood DJ, Martin N, van Noort R. Effect of resin matrix composition on the translucency of experimental dental composite resins. *Dent Mater*. 2009 Dec;25(12):1564-8.